

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-368-374>

Поступила 16.04.2024

Поступила после рецензирования 07.08.2024

Принята в печать 12.08.2024

© Беляева Л. И., Пружин М. К., Остапенко А. В., Власенко А. С., 2024

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ДИОКСИД СЕРЫ В БЕЛОМ САХАРЕ: ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ, РЕФЕРЕНТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Беляева Л. И.*, Пружин М. К., Остапенко А. В., Власенко А. С.

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

свекловичный сахар, пищевая система, диоксид серы, сульфит, технологическое вспомогательное средство, аддитивное влияние, референтное значение

Диоксид серы относится к классическим обязательным ТВС, применяемым в современной технологии производства белого свекловичного сахара. Обосновано технологическое и безопасное применение сульфитов (диоксида серы, сульфита натрия и гидросульфита натрия) при формировании пищевой системы технологического потока сахарного производства, показано их функциональное действие. Установлено, что изменение содержания диоксида серы в белом сахаре под влиянием пеногасителя, антинакипина и деколоранта в применяемых дозах в utfеле происходило в соответствии с принципом аддитивности. Наличие аддитивного свойства подтверждено максимальным приближением алгебраической суммы эффектов влияния каждого средства, составляющей 5,6%, к размаху варьирования значений содержания диоксида серы — 5,9 при уровне значимости $p=0,05$. Установлена зависимость содержания диоксида серы в белом сахаре в пределах 0–6,5 мг/кг от влияния деколоранта и пеногасителя в диапазоне доз 100–200 и 4–6 г/т utfеля. Выявлено, что увеличение минимальной оптимальной дозы деколоранта до максимальной приводит к повышению содержания диоксида серы в белом сахаре в 1,7 раза. Доверительные интервалы для генеральной средней рассчитывали на основе предположения о нормальном распределении данных и уровне значимости 0,05. Референтные значения содержания диоксида серы в белом сахаре четырех категорий составили 1,28–2,69 мг/кг, а верхний предельный уровень с учетом доверительного интервала — 1,39–3,01 мг/кг. Установленные референтные значения могут быть использованы на сахарных заводах в системе производственного контроля, а также являются доказательной базой сравнения и оценки этого показателя безопасности белого сахара для промышленных потребителей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», № FGZU-2023-002.

Received 16.04.2024

Accepted in revised 07.08.2024

Accepted for publication 12.08.2024

© Belyaeva L. I., Pruzhin M. K., Ostapenko A. V., Vlasenko A. S., 2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

SULFUR DIOXIDE IN WHITE SUGAR: SOURCE OF INCOME, REFERENCE VALUES

Lyubov I. Belyaeva*, Mikhail K. Pruzhin, Alla V. Ostapenko, Anna S. Vlasenko

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

KEY WORDS:

beet sugar, food system, sulfur dioxide, sulfite, technological processing aid, additive effect, reference value

ABSTRACT

Sulfur dioxide is one of the classic essential technological processing aids used in modern technology for the production of white beet sugar. The technological and safe use of sulfites (sulfur dioxide, sodium sulfite and sodium hydrosulfite) in the formation of the food system of the sugar production process flow has been substantiated, and their functional effect is shown. It has been established that the change in the content of sulfur dioxide in white sugar under the influence of an antifoam, anti-scale agent and decolorant in the doses used in massecuite occurred in accordance with the principle of additivity. The presence of the additive property was confirmed by the maximum approximation of the algebraic sum of the effects of each agent, amounting to 5.6%, to the range of variation in the values of the sulfur dioxide content (5.9) at a significance level of $p=0.05$. The dependence of the sulfur dioxide content in white sugar in a range of 0 to 6.5 mg/kg on the influence of the decolorant and defoamer in a dose range of 100 to 200 and of 4 to 6 g/t of massecuite was established. It has been revealed that increasing the minimum optimal dose of the decolorant to the maximum leads to an increase in the content of sulfur dioxide in white sugar by 1.7 times. Confidence intervals for the general mean were calculated based on the assumption of normal data distribution and a significance level of $p=0.05$. The reference values for the sulfur dioxide content in white sugar of the four categories were 1.28–2.69 mg/kg, and the upper limit level with consideration for the confidence interval was 1.39–3.01 mg/kg. The established reference values can be used at sugar factories in the production control system, and also provide an evidence base for comparison and assessment of this indicator of the white sugar safety for industrial consumers.

FUNDING: This research was funded by state assignment of the Federal Agricultural Kursk Research Center, No FGZU-2023-002.

1. Введение

Диоксид серы, а также соли сернистой кислоты относят к сульфит-содержащим реагентам (сульфитам); они входят в наиболее распространенные группы пищевых добавок — искусственные консерванты, антиокислители и отбеливатели. Их используют в производстве широкого спектра пищевых продуктов — безалкогольных напитков, соков, пива, вина, кондитерских изделий, крахмалов, муки, некоторых

мясных продуктов, сушеных фруктов и овощей, морепродуктов. Диоксид серы в пиве способствует сохранению вкусовых качеств и продлению срока годности благодаря взаимодействию с карбонильными группами и подавлению окислительных ферментов [1]. Введение в виноградное сусло перед брожением сернистой кислоты способствует образованию большего количества ароматических соединений за счет снижения активности роста природных штаммов молочнокислых

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Беляева, Л. И., Пружин, М. К., Остапенко, А. В., Власенко, А. С. (2024). Диоксид серы в белом сахаре: источник поступления, референтные значения. *Пищевые системы*, 7(3), 368–374. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-368-374>

FOR CITATION: Belyaeva, L. I., Pruzhin, M. K., Ostapenko, A. V., Vlasenko, A. S. (2024). Sulfur dioxide in white sugar: Source of income, reference values. *Food Systems*, 7(3), 368–374. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-3-368-374>

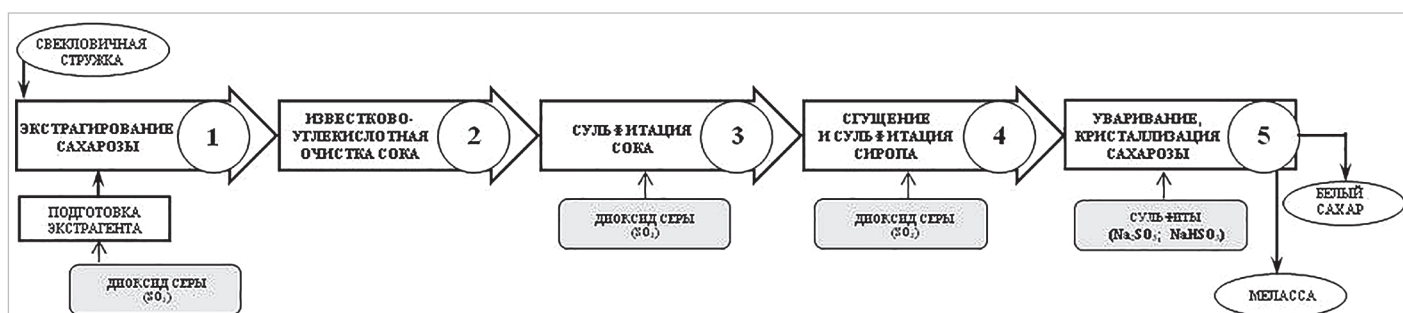


Рисунок 1. Структурная схема поступления сульфитов в процессы производства свекловичного сахара, формирующие пищевую систему в виде полуфабрикатов: 1 — диффузионного сока, 2 — фильтрованного сока второй сатурации, 3 — очищенного сока, 4 — сиропа, 5 — утфелей I, II, III ступеней кристаллизации

Figure 1. Structural diagram of the entry of sulfites into the processes of beet sugar production, forming the food system in the form of semi-finished products: 1 — diffusion juice, 2 — filtered juice of the second saturation, 3 — purified juice, 4 — syrup, 5 — masseculite I, II, III stages of crystallization

бактерий, при этом способность их к размножению не утрачивается [2]. В производстве мармелада, зефира, пастилы, пряников и печенья с фруктовыми начинками и сухофруктами диоксид серы обеспечивает длительное сохранение натурального цвета фруктового сырья [3]. В мясе, отдельных мясных продуктах диоксид серы ингибирует развитие гнилостных процессов, стабилизирует цвет продукта и внешний вид [4]. Обработка ракообразных сульфитами позволяет улучшить их товарный вид, устраняя темные пятна на панцире, и увеличить срок годности готовой продукции [5]. Популярность применения этих химических веществ в пищевой промышленности обусловлена разными, одновременно выполняемыми ими в пищевой системе технологическими функциями — предотвращение и замедление роста и развития микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов, дрожжей), защита от окисления, стабилизация цвета, препятствие потемнению, а также небольшими материальными затратами [6,7]. Применение сульфитов в качестве пищевой добавки E220–E228 разрешено практически во всех странах Европейского и Евразийского союзов [8].

Действующее вещество сульфитов выражено через диоксид серы, который представляет потенциальный риск для здоровья человека: он обладает аллергенностью, токсичностью, способностью разрушать некоторые витамины (тиамин, фолиевая кислота) [6,7]. При этом диоксид серы не накапливается в организме человека, быстро окисляется ферментами сульфитооксидазами до сульфата и выводится естественным путем. Безопасная суточная норма потребления диоксида серы составляет 0,7 мг/кг массы тела. Негативное влияние его на здоровье людей, особенно склонных к аллергическим заболеваниям, проявляется при избыточном употреблении. Поэтому содержание диоксида серы отнесено к показателям безопасности пищевой продукции, а его максимально допустимый уровень для каждого вида продукта регламентируется ТР ТС 029/2012¹. Кроме того, если содержание сульфитов (в пересчете на диоксид серы) в пищевом продукте составляет более 10 мг/кг (л), то его указывают в маркировке. Учитывая потенциальное содержание диоксида серы в упомянутых продуктах и его возможное аллергенное воздействие на организм человека, необходим регулярный контроль количества этого вещества в пищевой продукции [9,10,11].

В практике производства белого свекловичного сахара сульфиты — диоксид серы, сульфит и гидросульфит натрия — используют не в качестве пищевой добавки, а как технологическое вспомогательное средство (ТВС). Диоксид серы отнесен к классическим обязательным ТВС, применяемым в современной технологии сахара. Сульфит и гидросульфит натрия используют в качестве деколорантов в отдельных случаях, когда необходимы дополнительные приемы для получения белого сахара требуемого качества. Являясь основным источником появления диоксида серы в белом сахаре [12], эти химические реагенты играют важную роль в формировании технологического процесса его производства. Это обусловлено тем, что ключевыми характеристиками белого сахара, определяющими его потребительские свойства и идентификацию, являются цвет (органолептический показатель) и цветность в растворе (физико-химический показатель).

Согласно ГОСТ 33222–2015², цвет белого сахара категорий экстра, ТС1, ТС2 должен быть белым чистым, для белого сахара категории

ТС3 допускается желтоватый оттенок; цветность в растворе по категориям должна составлять соответственно не более 45,0, 60,0, 104,0, 195,0 ед. ICUMSA. Поэтому вся технология сахара направлена на решение задачи формирования в нем белого цвета. В основе ее лежит получение бесцветных прозрачных кристаллов сахарозы, которые, обладая значительной способностью светоотражения, при действии света воспринимаются как имеющие белый цвет. Свекловичный сок, находящийся в клетках ткани корнеплодов, бесцветен. Синтез красящих веществ в нем начинается с момента извлечения и продолжается по всему продуктовому технологическому потоку под действием кислорода воздуха, температуры процессов, наличия ферментов и различных соединений — продуцентов красящих веществ. В общей массе образующихся красящих веществ присутствуют характерные для полуфабрикатов сахарного производства группы: полифенольные комплексы, меланины, меланоидины, продукты карамелизации сахарозы. В технологическом потоке используют различные приемы уменьшения массы и цвета красящих веществ, к основному из них отнесено применение сульфитосодержащих реагентов.

На Рисунке 1 представлена структурная схема поступления сульфитов в процессы производства свекловичного сахара, формирующие пищевую систему, выраженную через полуфабрикаты технологического потока. Диоксид серы (сульфитационный газ) используют при формировании пищевой системы следующих полуфабрикатов: диффузионного сока (при подготовке экстрагента), очищенного сока и сиропа; сульфит натрия или гидросульфит применяют при получении утфелей I, II, III ступеней кристаллизации. Остаточные количества применяемых сульфитов регламентированы в белом сахаре: максимальный допустимый уровень диоксида серы — 15 мг/кг.

Функциональное действие сульфитов на локальные элементы пищевой системы сахарного производства имеет двойственный характер, заключающийся в переводе части содержащихся красящих веществ в бесцветную форму и в ингибировании появления новых красящих веществ [13]. Технологический эффект возникает благодаря образующимся свободным сульфит-ионам, концентрация которых в пищевой системе составляет 0,001–0,003% от массы продукта. Механизм их действия заключается в разрушении двойных связей с непредельными хромоформными группами в красящих веществах и в переходе их в бесцветные лейкосоединения; в блокировании реакционноспособных альдегидных и кетонных групп редуцирующих соединений (моносахаридов, триоз и др.) и в торможении реакции Майяра. При этом химическая структура красящих веществ остается неизменной, изменяется только цвет. Кроме того, свободные сульфит-ионы стабилизируют реакцию сроды и способствуют снижению вязкости пищевой системы. Благодаря указанным механизмам, для пищевой системы характерно нахождение в устойчивом состоянии, способствующем более эффективному протеканию технологических процессов, в т. ч. формированию белого цвета вырабатываемого сахара.

Сульфитационный газ используют с начала формирования технологии сахара, которая в целом остается неизменной в настоящее время. Сульфитационный газ получают на сахарном заводе сжиганием комовой или гранулированной серы в специальной печи при общем расходе серы 0,25–0,35 кг/т свеклы. Он содержит 12–15% диоксида серы, остальное — воздух; эффективность его использования в жидкоструйных сульфитаторах составляет 93–95%. Непроагировавший диоксид серы по технологическому потоку удаляется с воздухом в атмосферу и вместе с фильтратным осадком несахаров, а некоторая часть его переходит в мелассу. Средние выбросы

¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012. (2012). «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 10 июля 2012 года № 58.

² ГОСТ 33222–2015 «Сахар белый. Технические условия». Москва.: Стандартинформ, 2019. — 22 с.

диоксида серы в атмосферу от технологической линии свеклосахарного завода, по статистическим данным, не превышают предельно допустимый уровень (0,018 кг/т свеклы) [14]. Остаточные количества диоксида серы в белом сахаре и мелассе, по литературным данным [12,15], находятся в диапазоне, соответственно, 2–3 мг/кг и 150–315 мг/кг. В целом технологическая, безопасная и экологическая обоснованность применения диоксида серы в производстве белого сахара подтверждена двухсотлетней практикой его использования.

Сульфит натрия и гидросульфит используют в отдельных случаях как деколоранты в пищевой системе (ульфели) в качестве дополнительных приемов улучшения цвета белого сахара [16]. Их применение вызвано наиболее интенсивно протекающими реакциями образования красящих веществ в ульфеле. До 80% красящих веществ попадает в кристаллы сахарозы, в основном это меланоидины и продукты карамелизации сахарозы, для которых характерен цвет от соломенно-желтого до красно- и темно-коричневого. При этом красящие вещества в кристаллы сахарозы включаются по-разному: некоторые продукты карамелизации с отрицательно заряженными частицами легко адсорбируются посредством адгезии на поверхности кристаллов; меланоидины, обладая большей адсорбционной способностью по отношению к сахарозе, включаются в кристаллы за счет инклюзии. Благодаря обесцвечивающему действию сульфитов создаются оптимальные условия для формирования белого цвета у вырабатываемого кристаллического сахара. Использование их при формировании ульфеля I кристаллизации способствует приданию белизны кристаллам белого сахара. Вместе с тем получение ульфеля необходимо качества предусматривает введение пеногасителя для снижения пенообразования [17] и ПАВ для уменьшения вязкости [18]. Кроме того, в ульфеле присутствуют остаточные количества антинакипина (до 30% от вводимой дозы), используемого при получении сиропа [19]. В результате ульфель формируется под совместным воздействием разных ТВС, между которыми возможно аддитивное влияние [20]. Использование деколорантов на последней стадии получения белого сахара создает потенциальный риск увеличения содержания диоксида серы в нем, что может быть связано как с непосредственным включением в кристаллы сахара, так и с аддитивным взаимодействием применяемых ТВС. Поскольку содержание диоксида серы в белом сахаре, используемом непосредственно в пищу и в качестве сырьевого ингредиента для получения других продуктов, относится к нормируемым показателям его безопасности, возникает необходимость установления статистически значимых пределов его содержания и варьирования.

Цель исследования направлена на выявление аддитивного влияния функциональных ТВС в заданном диапазоне их доз на содержание диоксида серы в белом сахаре при формировании пищевой системы, а также на установление референтных значений данного показателя безопасности.

2. Объекты и методы

Объектом исследований являлись:

□ ульфель, формируемый при совместном применении пеногасителя, деколоранта и антинакипина, и полученный из него белый сахар;

□ промышленные образцы белого свекловичного сахара четырех категорий (экстра, ТС1, ТС2, ТС3) по ГОСТ 33222–2015².

Предметом исследований было содержание диоксида серы и показатели цветовой характеристики: цветность раствора сахара и цветность ульфеля. Содержание диоксида серы определяли по ГОСТ 34201–2017³ йодометрическим методом; цветность сахара в растворе — по ГОСТ 12572–2015⁴ на фотометре однолучевом Coloromat 100 (Schmidt ± Hatsch, Германия) при длине волны 420 нм; цветность ульфеля — на фотометре КФК-3 («ЗОМ 3», Россия) при длине волны 560 нм и содержании массовой доли сухих веществ 15 ± 0,2% по рефрактометру DUR-SW (Schmidt ± Hatsch, Германия) согласно общепринятой в сахарном производстве методике⁵.

В качестве материала для исследований послужили собственные, ранее полученные и опубликованные данные численного эксперимента об изменении указанных показателей белого сахара и ульфеля (содержание диоксида серы в белом сахаре — Y_1 , цветность раствора сахара — Y_2 , цветность ульфеля — Y_3) при совместном действии ТВС в процессе кристаллизации сахарозы [21], которые рассмотрены

с точки зрения аддитивного подхода. В качестве ТВС были использованы следующие препараты в применяемых дозах: пеногаситель Лапрол ПС-7 по ТУ 2226–090–10488057–2016⁶ — 4, 5 и 6 г/т ульфеля; деколорант сахара сульфит натрия Е221 по ГОСТ Р 54956–2012⁷ — 0, 100 и 200 г/т ульфеля; антинакипин Kebo DS (Keller and Bohaces GmbH Co, Германия) — 0, 15 и 30 г/м³ сока. Аддитивный подход включал расчет аддитивных функций для кодированных и натуральных значений переменных и оценку уровня их адекватности; выявление эффектов действия изучаемых факторов (А – пеногаситель Лапрол ПС-7, В — антинакипин Kebo DS, С — деколорант сульфит натрия) с последующей оценкой проявления аддитивности.

Исследования проводили с использованием практических положений теории планирования эксперимента на основе алгоритмов регрессионного и дисперсионного анализа. Статистическую значимость коэффициентов регрессии на уровне $p=0,05$ определяли путем сравнения их численных значений с доверительным интервалом. Адекватность уравнений регрессии определяли по F-критерию Фишера путем проверки статистической гипотезы на основе соотношения дисперсий адекватности и воспроизводимости. Коэффициент детерминации (R^2) характеризовал совокупную долю вклада в вариацию отклика всех вошедших в модель факторов, а его численное значение, близкое к 1,0, считали индикатором степени соответствия модели расчетным данным. Эффекты влияния изучаемых ТВС рассчитывали при помощи алгоритма Йетса.

Для установления референтных значений содержания диоксида серы в белом сахаре категорий экстра, ТС1, ТС2, ТС3 формировали массив его количественных значений по данным мониторинга, проводимого испытательной лабораторией Курского Федерального аграрного научного центра. В выборку вошли 254 образца сахара, выработанных 58 российскими свеклосахарными заводами (90% от общего числа заводов) из 18 регионов страны (что составляет 90% регионов, где расположены заводы) в период с 2016 по 2023 гг. Выборки не содержали образцы белого сахара, полученные с использованием сульфитосодержащих деколорантов. Установление референтных значений содержания диоксида серы проводили с учетом характера распределения на основе методов математической статистики, включающих предварительное исследование функций распределения случайных величин. Гипотезу о нормальном распределении проверяли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова ($\lambda_{эмт}$) и расчетных значений показателей асимметрии, эксцесса, выборочной средней, моды, медианы и коэффициента вариации [22,23,24]. Расчет доверительных интервалов осуществляли в соответствии с расчётной интервальной оценкой генеральной средней нормально распределённой случайной величины показателей при уровне значимости $p=0,05$. Обработка и представление полученных результатов выполнены с помощью программ MS Excel, XLSTAT 2013.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Аддитивное влияние сульфитосодержащего деколоранта, пеногасителя и антинакипина на показатель безопасности белого сахара

Полученные на основе собственного численного эксперимента [21] регрессионные уравнения для кодированных переменных (1–3) адекватно отражали совокупное влияние пеногасителя Лапрол ПС-7 (фактор А), антинакипина Kebo DS (фактор В) и деколоранта сульфита натрия (фактор С) на содержание диоксида серы (Y_1), на цветность раствора белого сахара (Y_2) и на цветность ульфеля (Y_3). Это подтверждается соответствием фактических значений критерия Фишера ($F_{факт} < F_{табл}$ при $p=0,05$) и высокими значениями коэффициентов детерминации ($R^2=0,97–0,99$ и $R^2_{adj}=0,94–1,00$):

$$Y_1 = 4,09 \pm 0,09A \pm 0,46B \pm 2,28C$$

$$F_{факт} = 1,48; F_{табл} = 2,80; R^2 = 0,97; R^2_{adj} = 0,94 \quad (1)$$

$$Y_2 = 66,24 - 0,48A \pm 4,30B - 26,60C \pm 16,66CC$$

$$F_{факт} = 0,11; F_{табл} = 2,85; R^2 = 0,99; R^2_{adj} = 1,00 \quad (2)$$

$$Y_3 = 1561 - 5,00A \pm 30,25B - 231,8C \pm 108,5CC$$

$$F_{факт} = 0,14; F_{табл} = 2,85; R^2 = 0,99; R^2_{adj} = 1,00 \quad (3)$$

Влияние изучаемых ТВС, применяемых при получении ульфеля, проявило аддитивную направленность действия. Это видно из максимального приближения алгебраических сумм эффектов влияния

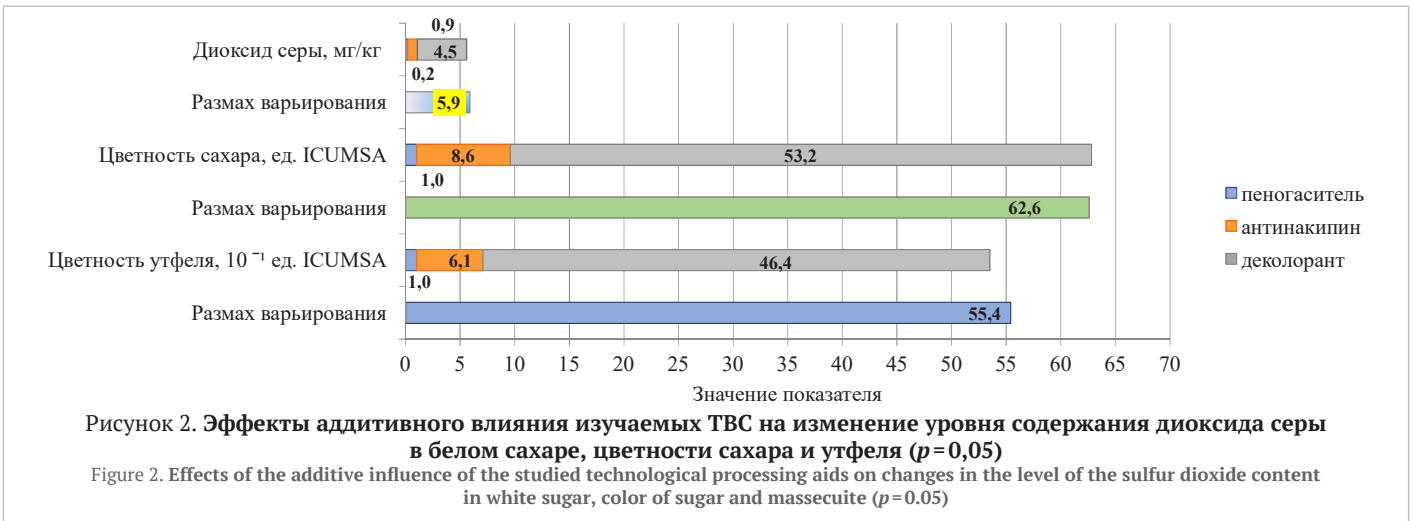
³ ГОСТ 34201–2017 «Сахар. Определение диоксида серы йодометрическим методом». Москва.: Стандартинформ, 2017. — 12 с.

⁴ ГОСТ 12572–2015 «Сахар. Метод определения цветности». Москва.: Стандартинформ, 2017. — 10 с.

⁵ Чернявская Л. И., Адамович В. П., Зотова Ю. А. Определение цветности сахара и продуктов сахарного производства. М.: ООО «Сахар», 2007. — 93 с.

⁶ ТУ 2226–090–10488057–2016 «Лапрол ПС-7. Технические условия». Нижнекамск: ОАО «Нижнекамскнефтехим», 1994.

⁷ ГОСТ Р 54956–2012 «Добавки пищевые. Консерванты пищевых продуктов. Термины и определения». Москва: Стандартинформ, 2019. — 16 с.



каждого средства в отдельности на показатели к размаху их варьирования (Рисунок 2). Сумма эффектов действия Лапрола ПС-7, Кебо DS и сульфата натрия на изменение содержания диоксида серы и цветности раствора белого сахара, цветности утфеля составила соответственно 5,6%, 62,8% и 53,4%; размах варьирования показателей был равен соответственно 5,9, 62,6 и 55,4, а различия не превышали НСР_{0,05}. При этом аддитивное влияние ТВС на показатели белого сахара и утфеля наиболее заметно проявилось на максимальных уровнях дозирования средств.

Аддитивное технологическое влияние указанных ТВС на рассматриваемые показатели можно объяснить следующим. С точки зрения формирования белого цвета сахара доминирующим в композициях средств был деколорант. Выполняя свое функциональное обесцвечивающее действие, он приводил к изменению окраски красящих веществ жидкой фазы утфеля, в результате цветовые показатели утфеля и белого сахара значительно улучшились — снизилась их цветность. В работе [25] показана эффективность применения деколорантов при получении высококачественного сахара — сахара высокой поляризации и низкой цветности. Пеногаситель, выполняя свои основные функции (снижение пенообразования и вязкости), оказывал незначительное положительное влияние на эффективность действия деколоранта. Действие антинакипина, направленное на дефлокуляцию, приводило к появлению мутности в виде нерастворимых диспергированных солей кальция как в жидкой, так и в твердой фазе утфеля. В работах [26,27] отмечено, что эти соли кальция представлены карбонатами, сульфатами и оксалатами, что обусловлено известково-углекислотной и сульфитационной очистками свежесквашенного сока. Указанное приводило к повышению содержания золы и к ухудшению цветовой характеристики утфеля и, соответственно, белого сахара. Полученные результаты сопоставимы с данными [28] о прямой взаимосвязи содержания золы в сахаре и его цветности, что объясняется наибольшим содержанием зольных элементов и красящих веществ в пленке, нахо-

дящейся на поверхности кристаллов. В итоге антинакипин вызывал снижение результативности функционального действия деколоранта.

На Рисунке 3 показана динамика изменения цветности утфеля от влияния деколоранта сахара и антинакипина на фоне пеногасителя при дозе 5 г/т утфеля. Отраженная на Рисунке 3 поверхность отклика свидетельствовала о закономерном значительном снижении цветности утфеля при увеличении дозы деколоранта. Антинакипин, присутствующий в утфеле, отрицательно влиял на его цветность и в дальнейшем способствовал увеличению цветности раствора белого сахара. Эти данные согласуются с результатами других исследований [28,29].

С точки зрения безопасности белого сахара в изучаемой композиции (Рисунок 2) также главным выступает деколорант, который обеспечивает поступление диоксида серы в кристаллы. Попадание диоксида серы в сахар возможно, как показано в работе [30], за счет инклюзий — адсорбции на поверхности растущих кристаллов сахара — различных химических соединений межкристалльного раствора утфеля, в т. ч. сульфитов, и окклюзий — механического включения образующимися и растущими кристаллами межкристалльного раствора. Динамика изменения содержания диоксида серы в белом сахаре под влиянием деколоранта сахара (С) и пеногасителя (А) на фоне антинакипина (В) при дозе 30 г/м³ сока показана на Рисунке 4. Из Рисунка 4 видно, что с повышением дозы деколоранта содержание диоксида серы в белом сахаре плавно возрастало. Соблюдение оптимальных доз введенного в пищевую систему сульфита натрия в интервале 100–200 г/т утфеля позволяло избежать превышения допустимого уровня содержания диоксида серы в белом сахаре (10 мг/кг). При этом увеличение минимальной оптимальной дозы деколоранта до максимальной приводило к повышению содержания диоксида серы в белом сахаре в 1,7 раза.

Полученные данные могут быть использованы при применении деколорантов в практике промышленного производства белого сахара.

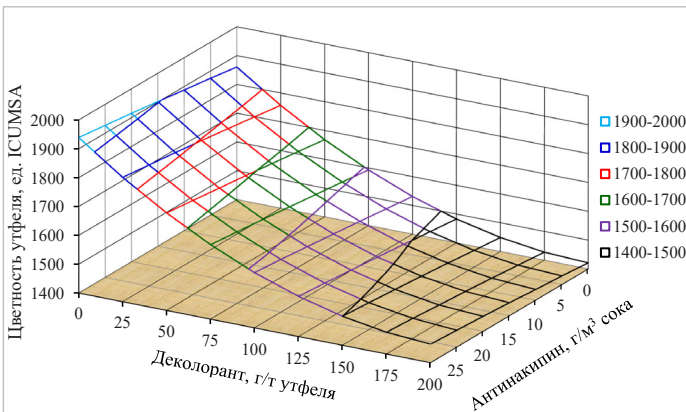


Рисунок 3. Зависимость цветности утфеля от влияния деколоранта и антинакипина на фоне пеногасителя в дозе 5 г/т утфеля ($p=0,05$)

Figure 3. Dependence of massecuite color on the influence of the decolorant and anti-scale agent against the background of the defoamer at a dose of 5 g/t of massecuite ($p=0.05$)

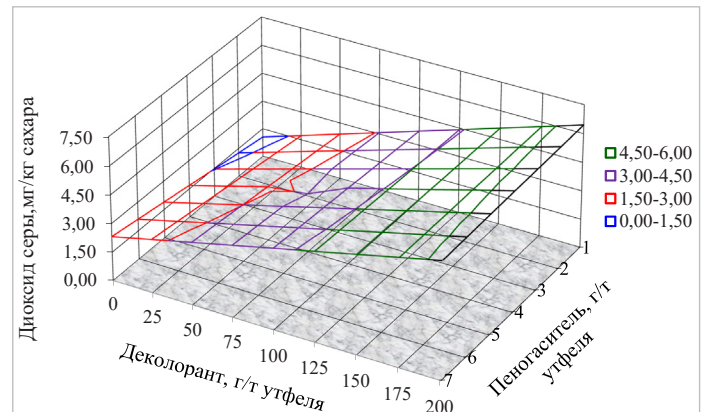


Рисунок 4. Зависимость содержания диоксида серы в белом сахаре от влияния деколоранта и пеногасителя на фоне антинакипина в дозе 30 г/м³ сока ($p=0,05$)

Figure 4. Dependence of the sulfur dioxide content in white sugar on the influence of the decolorant and defoamer against the background of the anti-scale agent at a dose of 30 g/m³ of juice ($p=0.05$)

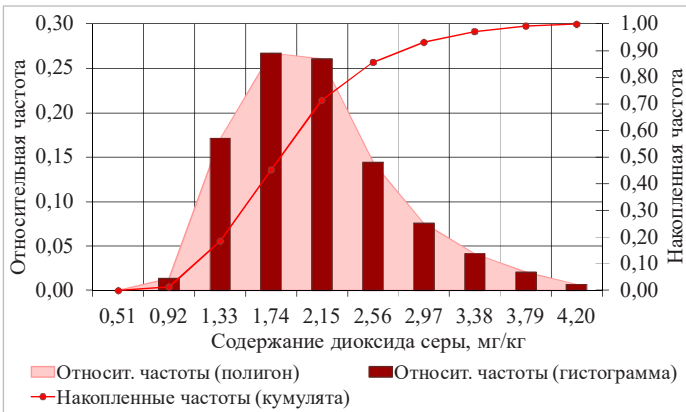


Рисунок 5. Распределение значений вариационного ряда содержания диоксида серы в белом сахаре категории ТС2

Figure 5. Distribution of values of the variation series of the sulfur dioxide content in white sugar of TC2 category

3.2. Референтные значения содержания диоксида серы в белом сахаре
По результатам обработки интервальных вариационных рядов получены диаграммы и графики распределения содержания диоксида серы в белом сахаре по каждой из четырех категорий для их визуального анализа. На Рисунке 5 представлены гистограмма, кумулята и полигон распределения для белого сахара категории ТС2. Из Рисунка видно, что полигон полученного распределения частот по форме близок к колоколообразной кривой нормального распределения.

Степень согласованности этих же мониторинговых данных с законом нормального распределения показана на Рисунке 6. Кривые графиков свидетельствовали о близости абсолютных значений эмпирических и теоретических частот, характеризующих степень проявления нормального закона.

В целом визуальный анализ характера распределения содержания диоксида серы в белом сахаре всех категорий показал соответствие их нормальному.

Результаты проверки нулевой гипотезы о соответствии фактического распределения вариационных рядов содержания диоксида серы в белом сахаре четырех категорий нормальному распределению приведены в Таблице 1. Из данных следует, что подтвержденная нулевая гипотеза непараметрического теста Колмогорова-Смирнова указывала на соответствие распределений нормальному закону. Также наличие нормального распределения подтверждено близкими значениями среднего арифметического, медианы и моды; коэффициент вариации не превышал предельного уровня 35%.

К другим числовым характеристикам, на основе которых можно определить степень соответствия вариационного ряда закону нормального распределения, относят коэффициенты асимметрии и эксцесса. Приведенные в Таблице 2 статистические критерии дополнительно демонстрировали заметную степень сходимости фактических и теоретических частот нормального распределения, т. е. имели асимптотически нормальные распределения.

Полученные данные о характере распределения вариационных рядов содержания диоксида серы в белом сахаре позволили определить величину доверительного интервала для математического ожидания референтных значений (Таблица 3).

Из данных Таблицы видно, что референтные значения содержания диоксида серы в белом сахаре по мере снижения его категории имели тенденцию к увеличению. При этом они ниже пороговых значений — максимального допустимого уровня 15 мг/кг и уровня, указываемого в маркировке 10 мг/кг, а также уровня для производств алкогольных напитков и напитков длительного хранения 6 мг/кг [31].

Установленные референтные значения могут быть использованы на сахарных заводах в системе производственного контроля. Также они будут служить доказательной базой сравнения и оценки показателя безопасности белого сахара для промышленных потребителей. Дальнейшие исследования будут направлены на определение референтных интервалов остаточных количеств других применяемых ТВС в белом сахаре.

4. Выводы

Обосновано технологическое и безопасное применение сульфитов (диоксида серы, сульфита натрия и гидросульфита натрия) в пищевой системе производства белого свекловичного сахара. В численном эксперименте изменение содержания диоксида серы

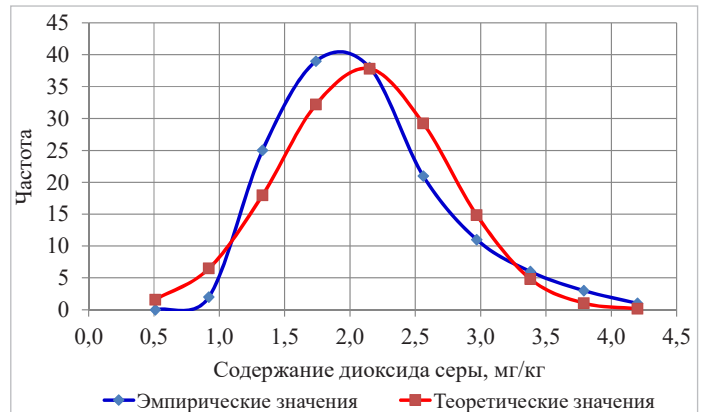


Рисунок 6. Эмпирические и теоретические частоты значений вариационного ряда содержания диоксида серы в белом сахаре категории ТС2

Figure 6. Empirical and theoretical frequencies of values of the variation series of the sulfur dioxide content in white sugar of TC2 category

Таблица 1. Оценка вариационного ряда содержания диоксида серы в белом сахаре (мг/кг) на соответствие нормальному распределению по тесту Колмогорова-Смирнова и параметрическим критериям

Table 1. Assessment of the variation series of the sulfur dioxide content in white sugar (mg/kg) for compliance with normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test and parametric criteria

Категория сахара	По относительным значениям частот		Косвенные параметрические статистические критерии				
	$\lambda_{эмп}$	$\lambda_{крит}(p=0,05)$	H_0 (нулевая гипотеза)	Среднее	Медиана	Мода	Коэффициент вариации, %
Экстра	-0,129	0,248	Да	1,28	1,25	1,00	23,5
ТС1	-0,140	0,430	Да	1,48	1,40	1,45	31,2
ТС2	0,052	0,109	Да	1,89	1,80	1,90	33,3
ТС3	-0,187	0,248	Да	2,69	2,70	2,70	30,6

Примечание: в графе Таблицы словом «да» обозначено принятие нулевой гипотезы при $\lambda_{эмп} < \lambda_{крит}$, $p=0,05$.

Таблица 2. Оценка вариационного ряда содержания диоксида серы в белом сахаре (мг/кг) на соответствие нормальному распределению по коэффициентам асимметрии и эксцесса

Table 2. Assessment of the variation series of the sulfur dioxide content in white sugar (mg/kg) for compliance with the normal distribution according to the coefficients of skewness and kurtosis

Категория сахара	Коэффициент асимметрии (A_3)	Ошибка A_3	H_0 (нулевая гипотеза) $tA_3 < 3$	H_0 (нулевая гипотеза) $A_3 < A_3_{крит}$	Эксцесс (E_k)	Ошибка E_k	H_0 (нулевая гипотеза) $tE_k < 3$	H_0 (нулевая гипотеза) $E_k < E_{k,крит}$
Экстра	0,65	0,414	Да	Да	-0,82	0,688	Да	Да
ТС1	0,46	0,661	Да	Да	-0,26	0,768	Да	Да
ТС2	0,54	0,213	Да	Да	-0,20	0,375	Да	Да
ТС3	0,53	0,441	Да	Да	1,29	0,713	Да	Да

Примечание: показано сопоставление эмпирических коэффициентов с критическими значениями при $p=0,05$.

Таблица 3. Референтные значения (РЗ) и доверительные интервалы (ДИ) массовой доли диоксида серы (мг/кг) в белом сахаре

Table 3. Reference values (RV) and confidence intervals (CI) for the mass fraction of sulfur dioxide (mg/kg) in white sugar

Категория сахара	Референтное значение	Доверительный интервал ($p=0,05$)	Нижнее предельное значение	Верхнее предельное значение
Экстра	1,28	0,11	1,18	1,39
ТС1	1,48	0,31	1,17	1,79
ТС2	1,89	0,10	1,79	2,00
ТС3	2,69	0,32	2,37	3,01

Примечание: доверительный интервал представлен в виде произведения критерия Стьюдента ($t_{0,05}$) и стандартной ошибки при $p=0,05$.

в белом сахаре под влиянием пеногасителя Лапрола ПС-7, антинакипина Кебо DS и деколоранта сульфата натрия в применяемых дозах в утфеле происходило в соответствии с принципом аддитивности. Наличие аддитивного свойства подтверждено максимальным приближением алгебраической суммы эффектов влияния каждого средства, составляющей 5,6%, к размаху варьирования значений содержания диоксида серы — 5,9 при уровне значимости $p=0,05$. Установлена зависимость содержания диоксида серы в белом сахаре в пределах 0–6,5 мг/кг от влияния деколоранта и пеногасителя в диапазоне доз 100–200 и 4–6 г/т утфеля. Выявлено, что увеличение минимальной оптимальной дозы деколоранта до максимальной приводило к по-

вышению содержания диоксида серы в белом сахаре в 1,7 раза. Рассчитаны референтные интервалы содержания диоксида серы в белом сахаре четырех категорий — 1,17–3,01 мг/кг, выполнено их сравнение с пороговыми уровнями. Полученные значения оказались ниже максимального допустимого уровня для белого сахара (15 мг/кг), уровня, указываемого в маркировке пищевой продукции (10 мг/кг), и требуемого уровня для производств алкогольных напитков и напитков длительного хранения (6 мг/кг). С учетом полученных результатов необходимо проведение дальнейших исследований для установления статистически значимых пределов остаточных количеств действующих веществ других функциональных ТВС в белом сахаре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Guido, L. F. (2016). Sulfites in beer: Reviewing regulation, analysis and role. *Scientia Agricola*, 73(2), 189–197. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0290>
- Танашук, Т. Н., Шаламитский, М. Ю., Загоруйко, В. И., Семенова, К. А., Иванова, Е. В., Кишковская, С. А. (2022). Влияние диоксида серы на рост природных штаммов молочнокислых бактерий вина. *Магарач. Виноградарство и виноделие*, 24(4), 381–386. [Tanashchuk, T. N., Shalamitsky, M. Yu., Zagoruyko, V. I., Semenova, K. A., Ivanova, E. V., Kishkovskaya, S. A. (2022). The effect of sulfur dioxide on the growth of original strains of lactic acid bacteria in wine. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 24(4), 381–386. (In Russian)] <https://doi.org/10.34919/IM.2022.88.74.012>
- Кондратьев, Н. Б., Казанцев, Е. В., Осипов, М. В., Руденко, О. С., Крылова, Э. Н. (2018). Определение источников поступления диоксида серы в кондитерские изделия. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(4), 203–208. [Kondratyev, N. B., Kazantsev, E. V., Osipov, M. V., Rudenko, O. S., Krylova, E. N. (2018). Determination of sources of sulfur dioxide in confectionery. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(4), 203–208 (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-203-208>
- D'Amore, T., Di Taranto, A., Berardi, G., Vita, V., Marchesani, G., Chiaravalle, A. E. et al. (2020). Sulfites in meat: Occurrence, activity, toxicity, regulation, and detection. A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2701–2720. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12607>
- Berardi, G., Di Taranto, A., Vita, V., Marchesani, G., Iammarino, M. (2022). Effect of different cooking treatments on the residual level of sulphites in shrimps. *Italian Journal of Food Safety*, 11(3), Article 10029. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2022.10029>
- Егорова, О. С., Акбулатова, Д. Р., Шилкин, А. А. (2023). Факторы, влияющие на качество и сроки годности напитков брожения из плодового сырья: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 14–32. [Egorova, O. S., Akbulatova, D. R., Shilkin, A. A. (2023). Factors affecting the quality and shelf life of fermented beverages from fruit raw materials: Scoping review. *Storage and Processing of Farm Products*, 2, 14–32. (In Russian)] <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.447>
- Popescu, C., Postolache, E., Ciubucă, A., Răpeanu, G., Hoplele, T. (2010). Influence of sulfitation on the dynamics of the activity of oxidizing enzymes in white grapes. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering*, 11(2), 277–288.
- Демченко, Е. А. (2022). Анализ стандартов Евразийского экономического союза на кондитерские изделия. *Техника и технология пищевых производств*, 52(4), 819–834. [Demchenko, E. A. (2022). Confectionery standards in the Eurasian Economic Union. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(4), 819–834 (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2409>
- Zhang, J., Zhong, S., Zhao, K., Liu, Z., Dang, Z., Liu, Y. (2022). Sulfite may disrupt estrogen homeostasis in human via inhibition of steroid arylsulfatase. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(13), 19913–19917. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18416-z>
- Lou, T., Huang, W., Wu, X., Wang, M., Zhou, L., Lu, B. et al. (2017). Monitoring, exposure and risk assessment of sulfur dioxide residues in fresh or dried fruits and vegetables in China. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 34(6), 918–927. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1313458>
- Шевченко, С. Е. (2019). Мониторинг продукции переработки фруктов и овощей. *Контроль качества продукции*, 12, 53–60. [Shevchenko, S. E. (2019). Monitoring of products processed from fruit and vegetables. *Production Quality Control*, 12, 53–60. (In Russian)]
- Егорова, М. И., Широких, Е. В., Кретова, Я. А. (2016). Результаты мониторинга содержания диоксида серы в сахаре. *Sugar*, 7, 39–41. [Egorova, M. I., Shirokikh, E. V., Kretova, Y. A. (2016). Results of monitoring of the sulfur dioxide content in sugar. *Sugar*, 7, 39–41. (In Russian)]
- Даишева, Н. М., Городецкий, В. О., Семенихин, С. О., Усманов, М. М. (2022). Влияние сульфитационной обработки полупродуктов свеклосахарного производства на процесс ингибирования образования интенсивно окрашенных высокомолекулярных соединений. *Новые технологии*, 18(3), 24–35. [Daisheva, N. M., Gorodetsky, V. O., Semikhin, S. O., Usmanov, M. M. (2022). The effect of sulfitation treatment of beet-sugar production semi-products on the process of intensively colored high molecular compounds inhibition. *New Technologies*, 18(3), 24–35. (In Russian)] <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-24-35>
- Петров, С. М., Подгорнова, Н. М., Тужилкин, В. И. (2022). Экологическая оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух свеклосахарными заводами. *Экология и промышленность России*, 26(3), 10–16. [Petrov, S. M., Podgornova, N. M., Tuzhilkin, V. I. (2022). Environmental assessment of emissions of pollutants into the atmospheric air by sugar beet factories. *Ecology and Industry of Russia*, 26(3), 10–16. (In Russian)] <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-3-10-16>
- Егорова, М. И., Широких, Е. В., Кретова, Я. А., Райник, В. В. (2016). Йодометрия при исследовании сахаросодержащих растворов. *Sugar*, 10, 36–39. [Egorova, M. I., Shirokikh, E. V., Kretova, Y. A., Raynik, V. V. (2016). Iodometry in investigation of sugar containing solutions. *Sugar*, 10, 36–39. (In Russian)]
- Беляева, Л. И., Остапенко, А. В., Лабузова, В. Н., Сысоева, Т. И. (2018). Деколоранты сахара — новая функциональная группа технологических вспомогательных средств. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 4(364), 33–35. [Belyaeva, L. I., Ostapenko, A. V., Labuzova, V. N., Sysyoeva, T. I. (2018). Sugar decolorants — new functional group of technological supporting means. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4(364), 33–35. (In Russian)] <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2018.4.8>
- Костенко, Т. И., Коноплева, Н. С., Короткова, Н. П., Рудич, Т. В., Стрельников, С. Ю. (2017). Новый пеногаситель для сахарного производства марки «Лапрол ПС-7» от компании «Макромер». *Sugar*, 4, 26–27. [Kostenko, T. I., Konopleva, N. S., Korotkova, N. P., Rudich, T. V., Strelnikov, S. Yu. (2017). New defoamer for sugar production of the brand “Laprol PS-7” from the company “Macromer”. *Sugar*, 4, 26–27. (In Russian)]
- Славянский, А. А., Грибова, В. А., Николаева, Н. В., Митрошина, Д. П. (2021). Физико-химические основы промышленной кристаллизации сахарозы. *Sugar*, 4, 28–33. [Slavyansky, A. A., Gribkova, V. A., Nikolaeva, N. V., Mitroshina, D. P. (2021). Physico-chemical foundations of industrial crystallization of saccharose. *Sugar*, 4, 28–33. (In Russian)] <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2021-4-28-33>
- Беляева, Л. И., Остапенко, А. В., Лабузова, В. Н., Сысоева, Т. И. (2018). Состояние пищевой системы утфеля I кристаллизации при совокупном действии ПАВ, деколоранта сахара, антинакипина. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(4), 151–155. [Belyaeva, L. I., Ostapenko, A. V., Labuzova, V. N., Sysyoeva, T. I. (2018). The state of the I crystallization massecuite food system with the cumulative effect of surfactants, sugar decolorant, descaling agent. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 80(4), 151–155. (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-151-155>
- Беляева, Л. И., Пружин, М. К., Остапенко, А. В., Сысоева, Т. И. (2022). Влияние аддитивного влияния технологических вспомогательных средств в производстве свекловичного белого сахара. *Достижения науки и техники АПК*, 36(10), 84–88. [Belyaeva, L. I., Pruzhin, M. K., Ostapenko, A. V., Sysyoeva, T. I. (2022). Identification of the additive effect of technological aids in the production of beet white sugar. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 36(10), 84–88. (In Russian)]
- Беляева, Л. И., Пружин, М. К., Остапенко, А. В. (2022). Оценка влияния технологических вспомогательных средств на процесс кристаллизации сахарозы посредством метода численного эксперимента. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 4(388), 30–36. [Belyaeva, L. I., Pruzhin, M. K., Ostapenko, A. V. (2022). Evaluation of the effect of technological aids on the process of sucrose crystallization by the method of numerical experiment. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 4(388), 30–36. (In Russian)] <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.4.5>
- Лемешко, Б. Ю., Лемешко, С. Б. (2021). Проблемы применения непараметрических критериев согласия в задачах обработки результатов измерений. *Системы анализа и обработки данных*, 2(82), 47–66. [Lemeshko, B. Yu., Lemeshko, S. B. (2021). Problems of nonparametric goodness-of-fit test application in tasks of measurement results processing. *Analysis and Data Processing Systems*, 2(82), 47–66. (In Russian)] <https://doi.org/10.17212/2782-2001-2021-2-47-66>
- Александровская, Л. Н., Кириллин, А. В., Кербер, О. Б. (2017). Выбор ряда критериев проверки отклонения распределения вероятностей от нормального закона в практике инженерного статистического анализа. *Труды ФГУП «НППЦАП». Системы и приборы управления*, 1, 42–52. [Aleksandrovskaya, L. N., Kirillin, A. V., Kerber, O. B. (2017). Choice of some criteria of checking a deviation of the probability distribution from the normal probability law in practice of engineering statistical analysis. *Works of Federal State Unitary-Enterprise Academician Pilyugin Scientific-Production Center of Automatics and Instrument-Vaking*, 1, 42–52. (In Russian)]
- Durakovic, B. (2017). Design of experiments application, concepts, examples: State of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(5), 421–439. <http://doi.org/10.21533/pen.v5i3.145>
- Sarir, E. M., Pabon, B. R. (2017). High performance decolorants and color precipitants for VHP sugar production. *International Sugar Journal*, 119, Article 1421.
- Петров, С. М., Подгорнова, Н. М., Тужилкин, В. И., Филатов, С. Л. (2017). Повышение качества свекловичного сахара до экспортного уровня. *Sugar*, 5, 30–33. [Petrov, S. M., Podgornova, N. M., Tuzhilkin, V. I., Filatov, S. L. (2017). Increasing quality of beet sugar to the export value. *Sugar*, 5, 30–33. (In Russian)]
- Abdel-Rahman, El-S., Floeter, E. (2016). Physico-chemical characterization of turbidity-causing particles in beet sugar solutions. *International Journal of Food Engineering*, 12(2), 127–137. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0129>

28. Чернявская, Л. И. (2017). Как добиться качества сахара экспортного потенциала? *Сахар*, 6, 22–27. [Chernyavskaya, L. I. (2017). How to achieve sugar quality of the export potential? *Sugar*, 6, 22–27. (In Russian)]
29. Савостин, А. В., Городецкий, В. О. (2014). Сравнительная оценка эффективности действия антинакипинов при выпаривании соков свекло-сахарного производства. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5–6, 102–106. [Savostin, A. V., Gorodetskiy, V. O. (2014). Comparative evaluation of effectiveness antiscalses on evaporation of juice of beet sugar production. *Izvestiya Vusov. Food Technology*, 5–6, 102–106. (In Russian)]
30. Николаева, Н. В., Митрошина, Д. П., Славянский, А. А., Грибкова, В. А., Лебедева, Н. Н. (2021). Кристаллы сахарозы как основа сахаросодержащих продуктов. *Сахар*, 8, 34–38. [Nikolaeva, N. V., Mitroshina, D. P., Slavyansky, A. A., Gribkova, V. A., Lebedeva, N. N. (2021). Кристаллы сахарозы как основа сахаросодержащих продуктов. *Sugar*, 8, 34–38. (In Russian)] <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2021-8-34-38>
31. Чернявская, Л. И. (2009). Контроль сахарного производства в зависимости от требований потребителей сахара: технологические аспекты. *Сахар*, 7, 39–47. [Chernyavskaya, L. I. (2009). Control of sugar production depending on the requirements of sugar consumers: Technological aspects. *Sugar*, 7, 39–47. (In Russian)]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Беляева Любовь Ивановна — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, лаборатория технологий сахара и методов контроля продукции, Курский федеральный аграрный научный центр 305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70б Тел.: +7-4712-58-05-62 E-mail: belyaeva_li@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6099-6063 * автор для контактов</p>	<p>Lyubov I. Belyaeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Leading Researcher, Federal Agricultural Kursk Research Center 70b, Karla Marksa Str., 305021, Kursk, Russia Tel.: +7-4712-58-05-62 E-mail: belyaeva_li@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6099-6063 * corresponding author</p>
<p>Пружин Михаил Константинович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник, лаборатория технологий сахара и методов контроля продукции, Курский федеральный аграрный научный центр 305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70б Тел.: +7-960-673-23-24 E-mail: mihailpruzin@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5977-771X</p>	<p>Mikhail K. Pruzhin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Senior Researcher, Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Federal Agricultural Kursk Research Center 70 b, Karla Marksa Str., 305021, Kursk, Russia Tel.: +7-960-673-23-24 E-mail: mihailpruzin@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5977-771X</p>
<p>Остапенко Алла Владимировна — старший научный сотрудник, лаборатория технологий сахара и методов контроля продукции, Курский федеральный аграрный научный центр 305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70б Тел.: +7-951-312-94-22 E-mail: ostapenko.al@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7111-9939</p>	<p>Alla V. Ostapenko, Senior Researcher, Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Federal Agricultural Kursk Research Center 70 b, Karla Marksa Str., 305021, Kursk, Russia Tel.: +7-951-312-94-22 E-mail: ostapenko.al@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7111-9939</p>
<p>Власенко Анна Сергеевна — младший научный сотрудник, лаборатория технологий сахара и методов контроля продукции, Курский федеральный аграрный научный центр 305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70б Тел.: +7-4712-53-74-01 E-mail: aniuta.kurdiuckova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5998-8699</p>	<p>Anna S. Vlasenko, Junior Researcher, Laboratory of Sugar Technologies and Product Control Methods, Federal Agricultural Kursk Research Center 70 b, Karla Marksa Str., 305021, Kursk, Russia Tel.: +7-4712-53-74-01 E-mail: aniuta.kurdiuckova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5998-8699</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>