

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-24-35>

УДК 664.1.038.4:664.12:678

© 2022

Поступила 24.06.2022

Received 24.06.2022



Принята в печать 30.08.2022

Accepted 30.08.2022

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛУПРОДУКТОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРОЦЕСС ИНГИБИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ИНТЕНСИВНО ОКРАШЕННЫХ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Наиля М. Даишева\*, Владимир О. Городецкий,  
Семен О. Семенихин, Мирсабир М. Усманов

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ); ул. Тополиная Аллея, д. 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Аннотация.** Проведены исследования по выявлению влияния сульфитационной обработки полупродуктов свеклосахарного производства на их цветность при ее осуществлении на одном или нескольких этапах производства, а также при ее полном отсутствии. На первом этапе исследовано влияние процесса сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока на цветность очищенного сока и сиропа, полученного из сока методом выпаривания. Установлено, что сульфитационная обработка только экстрагента обеспечивает снижение цветности сиропа на 9,21%, в то время как сульфитационная обработка только очищенного сока II сатурации – на 55,00%, а сульфитационная обработка экстрагента и очищенного сока II сатурации – на 58,16%. Кроме этого, повышение чистоты сиропа на 0,45% за счет сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока II сатурации снижает содержание сахарозы в мелассе на 0,11%, а следовательно, снижает и общие потери сахара в производстве. На втором этапе исследовано влияние сульфитационной обработки смеси клеровок желтых сахаров II и III продуктов с применением сернистого ангидрида и бисульфита натрия. Установлено, что количество блокируемых альдегидных и кетонных групп при обработке сиропа сернистым ангидридом выше, чем при обработке бисульфитом натрия за счет двухвалентного аниона  $\text{SO}_3^{2-}$ , а не одновалентного  $\text{HSO}_3^-$ . На третьем этапе в производственных условиях исследовано влияние сульфитационной обработки утфеля I продукта на время уваривания и цветность белого сахара. Установлено, что среднее значение цветности белого сахара при наличии сульфитационной обработки утфеля I продукта составило 0,44 ед. ICUMSA, в то время как без обработки – 0,50 ед. ICUMSA, т.е. в производственных

условиях сульфитационная обработка утфеля I продукта позволила сократить цветность готовой продукции – белого сахара на 12,0%.

**Ключевые слова:** свеклосахарное производство, сульфитационная обработка, сернистый ангидрид, сироп, клеровка, стандарт-сироп, сахар, цветность, бисульфит натрия

*Для цитирования:* Влияние сульфитационной обработки полупродуктов свеклосахарного производства на процесс ингибирования образования интенсивно окрашенных высокомолекулярных соединений / Даишева Н.М. [и др.] // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 3. С. 24-35. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-24-35>

## THE EFFECT OF SULFITATION TREATMENT OF BEET-SUGAR PRODUCTION SEMI-PRODUCTS ON THE PROCESS OF INTENSIVELY COLORED HIGH MOLECULAR COMPOUNDS INHIBITION

**Nailya M. Daisheva\*, Vladimir O. Gorodetsky,  
Semen O. Semenikhin, Alla A. Fabritskaya**

*Krasnodar Scientific Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the FSBSI «The North-Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Wine-Making» (KSRISP – a branch of FSBSI NCSCSWW);  
2 Topolinaya alleya, Krasnodar, 350072, the Russian Federation*

**Abstract.** Studies have been carried out to identify the effect of sulfitation treatment of sugar-beet processing semi-products on their color when it is carried out at one or several processing stages, as well as in its complete absence. At the first stage, the influence of the process of sulfitation treatment of the extractant and thin juice on the color of the thin juice and thick juice obtained from the thin juice by evaporation was studied. It was established that the sulfitation treatment of only the extractant provided a decrease in the color of the thick juice by 9.21%, while the sulfitation treatment of only thin juice – by 55.00%, and the sulfitation treatment of extractant and thin juice – by 58.16%. In addition, an increase in the purity of the thick juice by 0.45% due to the sulfitation treatment of the extractant and thin juice reduced the sucrose content in molasses by 0.11% and, consequently, reduced the overall loss of sugar in production. At the second stage, the effect of sulfitation treatment of a B+C remelt syrups with the use of sulfur dioxide and sodium bisulfite was studied. It was established that the amount of blocked aldehyde and ketone groups when thick juice was treated with sulfur dioxide was higher than when treated with sodium bisulfite due to the divalent anion  $\text{SO}_3^{2-}$ , and not the monovalent  $\text{HSO}_3^-$ . At the third stage, under production conditions, the effect of sulfitation treatment of massecuite I on the boiling time and color of white sugar was studied. It was established that the average value of the color of white sugar in the presence of sulfitation treatment of massecuite I was 0.44 ICUMSA units, while without treatment – 0.50 ICUMSA units, i.e. under production conditions, the sulfitation treatment of massecuite A made it possible to reduce the color of the finished product – white sugar by 12.0%.

**Keywords:** sugar beet processing, sulphation processing, sulfur dioxide, thick juice, remelt syrup, standard liquor, sugar, color, sodium bisulfite

**For citation:** Daishava N.M. [et al.] The effect of sulfitation treatment of beet-sugar production semi-products on the process of intensively colored high molecular compounds inhibition // New technologies. 2022; 18(3): 24-35. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-24-35>

Цветность полупродуктов свекло-сахарного производства является важным показателем, напрямую влияющим на цветность кристаллического сахара. Действующий ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия» предусматривает четыре категории качества кристаллического сахара, из которых категории ТС2 и ТС3 имеют более высокую цветность по сравнению с категориями Экстра и ТС1 и, как следствие, имеют низкую оптово-отпускную цену. Поэтому при разработке технологического режима на производстве необходимо уделять внимание не только высокому выходу сахара, но и его физико-химическим показателям, в частности цветности.

Существующие методы обесцвечивания, используемые в свеклосахарном производстве, можно подразделить на физические и химические. Физические методы – это, в основном, использование синтетических адсорбентов или активированных углей природного

происхождения. Химические методы – это обесцвечивание с помощью окислителей или восстановителей. Осветление производственных сахарных растворов с использованием ионообменных смол является промежуточным между физическими и химическими методами [1].

Все вышеперечисленные методы осуществляют обесцвечивание и удаление уже образовавшихся в технологическом процессе красящих веществ. Длительное время сульфитационная обработка рассматривалась как процесс восстановления уже образовавшихся красящих веществ в бесцветные, так называемые лейкосоединения [2]. Однако в практике сахаротехники было отмечено, что при исключении сульфитационной обработки очищенного сока II сатурации цветность сиропа возрастает в большей степени, чем это можно было бы ожидать в отсутствие сульфитационной обработки сока. Это обстоятельство послужило поводом к углубленному изучению

*Таблица 1*

**Влияние способа подготовки экстрагента и сульфитационной обработки очищенного сока II сатурации на цветность соков и полученных из них сиропов**

*Table 1*

**Influence of extractant preparation and thin juice sulfitation treatment method on the color of thin and thick juices obtained from them**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Эксперимент 1		Эксперимент 2	
	До обработки	После обработки	До обработки	После обработки
Цветность сока, ед. ICUMSA	87,36	72,80	67,25	30,40
Цветность сиропа, ед. ICUMSA	186,80	59,97	173,51	68,39
Изменение цветности сиропа в сравнении с цветностью исходного сока, ед. ICUMSA	+ 99,44	– 12,83	+ 106,26	+ 37,99
Изменение цветности сиропа, % к цветности исходного сока	+ 113,83	– 17,62	+ 158,01	+ 124,97

процесса сульфитации, который состоит не только в обесцвечивании образовавшихся красящих веществ.

Во второй половине прошлого столетия были проведены исследования, в которых исследовались ингибирующие свойства сернистого ангидрида. В результате исследований была принята теория

двойственного характера процесса сульфитации, соединяющего процесс окислительно-восстановительного обесцвечивания и процесс ингибирования образования красящих веществ вследствие блокирования альдегидных и кетонных групп редуцирующих сахаров, являющихся основным источником

Таблица 2

**Сравнительные показатели цветности соков, полученных при различных способах подготовки экстрагента для получения диффузионного сока и сульфитационной обработки очищенного сока II сатурации**

Table 2

**Comparative indicators of the color of thin juices obtained by various extractant preparation for obtaining raw juice and sulfitation treatment of thin juice methods**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Образцы очищенных соков II сатурации			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Цветность очищенного сока, ед. ICUMSA	115,22	86,12	65,86	23,77
Изменение цветности сока в сравнении с цветностью контрольного образца, ед. ICUMSA	–	– 29,10	– 49,36	– 91,45
Изменение цветности сока, % к цветности контрольного образца	–	– 25,26	– 42,84	– 79,37

Таблица 3

**Сравнительные показатели цветности сиропов, полученных из соков с различными способами подготовки экстрагента для получения диффузионного сока и сульфитационной обработке очищенного сока II сатурации**

Table 3

**Comparative indicators of the color of thick juices obtained by various extractant preparation for obtaining raw juice and sulfitation treatment of thin juice methods**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Образцы сиропов			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Цветность сиропа, ед. ICUMSA	206,93	187,88	93,12	86,57
Изменение цветности сиропа в сравнении с цветностью контрольного образца, ед. ICUMSA	–	– 19,05	– 113,81	– 120,36
Изменение цветности сиропа, % к цветности контрольного образца	–	– 9,21	– 55,00	– 58,16

потемнения сахарных растворов при термическом воздействии [3].

Сульфитационная обработка в свеклосахарном производстве осуществляется на трех технологических этапах, а именно, подготовки экстрагента, обработки очищенного сока II сатурации и обработки сиропа и/или стандарт-сиропа. Учитывая это, постановка проводимых экспериментов была направлена на изучение влияния сульфитационной обработки на качество этих полупродуктов при ее осуществлении на одном или нескольких этапах производства, а также при ее полном отсутствии [4].

Для экспериментальной проверки эффективности теоретических предположений по созданию высокоэффективного способа обработки очищенного сока II сатурации в лабораторных условиях была выполнена серия исследований по влиянию различных режимов подготовки экстрагента и известково-углекислотной очистки диффузионного сока на цветность полупродуктов свеклосахарного производства.

На первом этапе исследований изучали влияние процесса обработки экстрагента и очищенного сока II сатурации сернистым ангидридом на цветность очищенного

сока и сиропа, полученного из сока методом выпаривания. Диффузионные соки для исследований были получены с использованием двух способов подготовки экстрагента: обработкой сернистым ангидридом (эксперимент 1) и подкислением серной кислотой (эксперимент 2).

Очистку полученных диффузионных соков проводили по укороченной схеме очистки, предложенной проф. П.М. Силиным, до средней конечной щелочности 0,017% CaO, после чего их делили на 2 равные части [5]. Одну часть оставляли необработанной сернистым ангидридом, а вторую сульфитировали до значений pH  $8,80 \pm 0,10$ , фильтровали и определяли цветность во всех образцах очищенных соков.

Исследования проводили в трех повторностях, полученные данные усредняли.

Следующим этапом исследования было изучение влияния сульфитации очищенных соков на цветность получаемого из них сиропа. Для этого проводили выпаривание очищенных соков на глицериновой бане до концентрации сиропа с содержанием сухих веществ 55,0%. В таблице 1 представлены результаты исследований по влиянию сульфитации очищенных соков на цветность соков и сиропов.

*Таблица 4*

**Сравнительные показатели цветности очищенных соков и полученных из них сиропов**

*Table 4*

**Comparative indicators of color of thin juices and thick juices obtained from them**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Образцы полупродуктов			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Цветность сока, ед. ICUMSA	115,22	86,12	65,86	23,77
Цветность сиропа, ед. ICUMSA	206,93	187,88	93,12	86,57
Изменение цветности сиропа в сравнении с цветностью исходного сока, ед. ICUMSA	+ 91,71	+ 101,76	+ 27,26	+ 62,80
Изменение цветности сиропа, % к цветности исходного сока	+ 79,60	+ 118,16	+ 41,39	+ 264,20



В проведенном эксперименте сиропы, полученные из очищенных соков, подвергнутых сульфитационной обработке, имели цветность в 2,5–3 раза ниже цветности сиропов, полученных из очищенных соков, не подвергнутых сульфитационной обработке. Помимо того, очищенный сок, полученный из свекловичной стружки с использованием сульфитированного экстрагента, имел несколько повышенную цветность в сравнении с очищенными соками, полученными с использованием экстрагента, подкисленного серной кислотой, однако в процессе выпаривания у сиропа, полученного из него, цветность снизилась, а не повысилась, как у всех остальных образцов. Это указывает на высокую ингибирующую способность сернистого ангидрида, введенного с экстрагентом в начальную стадию процесса производства сахара (диффузионный процесс), и усиленную введением его в процессе сульфитации очищенного сока [6].

Предположительно, этот эффект возник в результате того, что в эксперименте очистка сока проводилась по укороченной лабораторной методике проф. П.М. Силина, эффект очистки которой

ниже, чем при очистке по типовой схеме, включающей несколько ступеней дефекации и сатурации. Поэтому на следующем этапе исследований необходимо было приблизить проведение экспериментов к производственным условиям. Объектами исследований являлись соки II сатурации, полученные из диффузионных соков, очищенных по типовой схеме известково-углекислотной очистки (ИУО), а также полученные из соков сиропы.

В процессе эксперимента были получены и исследованы следующие образцы очищенных соков II сатурации:

Контроль – очищенный сок II сатурации, полученный с использованием экстрагента, подкисленного серной кислотой;

Образец 1 – очищенный сок II сатурации, полученный с использованием экстрагента, обработанного сернистым ангидридом;

Образец 2 – очищенный сок II сатурации, обработанный сернистым ангидридом, полученный с использованием экстрагента, подкисленного серной кислотой;

Образец 3 – очищенный сок II сатурации, обработанный сернистым

Таблица 5

**Влияние сульфитационной обработки полупродуктов сахарного производства на содержание (потери) сахарозы с мелассой**

Table 5

**The influence of sulfitation treatment of semi-products of sugar production on the content (losses) of sucrose in molasses**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Образцы полупродуктов			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Чистота сиропа, %	92,80	92,85	93,25	93,30
Содержание сахарозы в мелассе, % к массе свеклы	1,56	1,55	1,46	1,45
Снижение содержания сахарозы, % к массе свеклы	–	0,01	0,10	0,11
Снижение содержания сахарозы, % к содержанию сахарозы в мелассе	–	0,64	6,41	7,05

ангидридом, полученный с использованием экстрагента, обработанного сернистым ангидридом.

В таблице 2 приведена цветность очищенных соков, а в таблице 3 – полученных из очищенных соков сиропов.

Сульфитационная обработка очищенного сока II сатурации способствует снижению цветности очищенного сока от 43 до 80% в зависимости от способа подготовки экстрагента. Однако сульфитационная обработка экстрагента дает меньший обесцвечивающий эффект, чем сульфитационная обработка сока, а использование последовательной сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока дает наибольший эффект.

В процессе выпаривания сохраняется обесцвечивающее действие сернистого ангидрида, и цветность сиропов, полученных из сульфитированных очищенных соков, ниже на 55–58% в сравнении с несульфитированными соками. Обесцвечивающее действие сернистого ангидрида, введенного в экстрагент, сохраняется, но в гораздо меньшей степени.

Данные таблиц 2 и 3 сведены в таблицу 4 для проведения анализа показателя цветности.

Наблюдается нарастание цветности сиропов во всех образцах, однако в образце 2 с сульфитационной обработкой только экстрагента оно выше. Это можно объяснить тем, что в растворе уже практически отсутствует сернистый ангидрид вследствие термического воздействия

в процессе очистки и выпаривания, поскольку известно, что для получения продуктов высокого качества необходимо сульфитировать производственные полупродукты так, чтобы содержание в них свободных сульфитов находилось в количествах не менее 0,001% к их массе [7].

Дополнительное введение сернистого ангидрида в процессе сульфитационной обработки очищенного сока дает менее интенсивное нарастание цветности сиропа.

Одновременно в образцах определяли показатель чистоты сиропов и рассчитывали теоретическое содержание сахарозы в мелассе, т.е. потери сахарозы с мелассой в зависимости от чистоты сиропа. Для этого воспользовались уравнением, определяющим содержание сахара в мелассе в зависимости от основных технологических факторов [8]:

$$C_{X_M} = (C_{X_{св}} - P_{пр}) \times \left( \frac{100 - \chi_c}{\chi_c} \right) \times \left( \frac{\chi_M}{100 - \chi_M} \right), (1)$$

где:  $C_{X_M}$  – содержание сахара в мелассе, %  
 к массе свеклы;  
 $C_{X_{св}}$  – содержание сахарозы в свекле, %  
 к массе свеклы;  
 $P_{пр}$  – потери сахарозы в производстве, %  
 к массе свеклы;  
 $\chi_c$  – чистота сиропа, %;  
 $\chi_M$  – чистота мелассы, %.

В таблице 5 представлены результаты исследований по влиянию сульфитационной обработки полупродуктов сахарного производства на содержание (потери) сахарозы с мелассой.

Таблица 6

**Влияние сульфитационной обработки смеси клеровок желтых сахаров II и III продуктов на их цветность**

Table 6

**Influence of sulfitation treatment of B+C remelt syrups on their color**

Наименование показателя	Значение показателя			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Цветность, ед. ICUMSA	891,70	830,30	824,80	857,30
Степень изменения цветности в сравнении с цветностью контрольного образца, %	–	– 6,89	– 7,50	– 3,86

Полученные результаты, отраженные в таблице 5, позволяют сделать обоснованный вывод о том, что повышение чистоты сиропа на 0,45% за счет сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока II сатурации снижает содержание сахарозы в мелассе на 0,11%, а следовательно, снижает и общие потери сахара в производстве.

Следует отметить, что однократное повышение цветности сиропа и стандарт-сиропа в производственных условиях будет способствовать ухудшению технологических показателей работы продуктового отделения в среднесрочной перспективе – до 3–5 суток, так как при этом, кроме повышения цветности кристаллического сахара, повышается и цветность оттеков утфеля I продукта, из которых в течение 8 и 24 часов увариваются утфели II и III продуктов. В свою очередь это приводит к увеличению цветности желтых сахаров и получаемых из них клеровок, возвращаемых обратно на стадию приготовления стандарт-сиропа, что создает циклический характер нарастания цветности [9; 10].

Таким образом, для получения кристаллического сахара высокой категории необходимо снижать цветность концентрированных сахаросодержащих полупродуктов – сиропа, стандарт-сиропа и клеровок желтых сахаров II и III продуктов, так как именно эти полупродукты напрямую влияют на цветность получаемого кристаллического сахара.

Для этого в лабораторных условиях были проведены исследования по установлению влияния сульфитационной обработки клеровок желтых сахаров II и III продуктов, полученных в производственных условиях, на их цветность. Смесь клеровок желтых сахаров II и III продуктов делили на 4 равные части. Первую часть оставляли без обработки в качестве контрольной (Контроль), вторую часть обрабатывали сернистым ангидридом до достижения рН 8,5–9,0 (Образец 1), третью – сернистым ангидридом до достижения рН 8,5–9,0, после чего доводили 1 н NaOH до достижения исходного значения рН 9,0–9,5 (Образец 2), а четвертую – бисульфитом натрия до достижения рН 8,5–9,0 (Образец 3).

Таблица 7

**Влияние сульфитационной обработки утфеля I продукта на время уваривания и цветность белого сахара**

Table 7

**Influence of sulfitation treatment of massecuite A on the boiling time and white sugar color**

№ п/п	Уваривание утфеля без сульфитационной обработки		Уваривание утфеля с сульфитационной обработкой	
	Среднее время уваривания одного вакуум-аппарата, мин.	Цветность кристаллического сахара, ед. ICUMSA	Среднее время уваривания одного вакуум-аппарата, мин.	Цветность кристаллического сахара, ед. ICUMSA
1	224	0,53	224	0,45
2	223	0,59	217	0,43
3	221	0,41	214	0,47
4	231	0,45	198	0,41
5	200	0,53	215	0,46
6	225	0,49	210	0,42
Среднее значение	220	0,50	213	0,44



В таблице 6 приведены данные, характеризующие влияние сульфитационной обработки смеси клеровок желтых сахаров II и III продуктов на их цветность.

Из данных таблицы 6 следует, что сульфитационная обработка смеси клеровок желтых сахаров II и III продуктов с применением сернистого ангидрида обеспечивает большее снижение их цветности по сравнению с бисульфитом натрия. Наибольшее снижение цветности было достигнуто при сульфитационной обработке сернистым ангидридом и последующим возвратом к исходному значению рН. На наш взгляд, это достигается тем, что вносимые для подщелачивания в виде гидроксида ионы натрия, являясь более активными ионами, заместили некоторое количество ионов кальция в его солях с образованием менее окрашенных соединений.

Полученные в результате лабораторных исследований данные по влиянию обработки концентрированных сахаросодержащих полупродуктов сернистым ангидридом и бисульфитом натрия на их цветность послужили базой для проведения на ЗАО «Сахарный комбинат «Курганинский» в сезон переработки сахарной свеклы урожая 2020 года производственных испытаний по влиянию сульфитационной обработки сиропа на время уваривания утфеля и цветность кристаллического сахара.

В качестве реагента, содержащего сульфогруппу, применяли бисульфит натрия Марки А с массовой долей действующего вещества 24,0–25,5%, соответствующего ГОСТ 902-76, внесение которого осуществляли непосредственно в вакуум-аппараты I продукта в количестве двух литров на одно уваривание утфеля. Это обусловлено тем, что на этом участке отсутствовало технологическое оборудование, позволяющее применять более эффективный, как показали лабораторные исследования, сернистый ангидрид для сульфитационной обработки

сиропа перед сборником сиропа для вакуум-аппаратов I продукта.

В таблице 7 представлены данные по среднему времени уваривания и цветности белого сахара при сульфитационной обработке утфеля I продукта и без нее.

Данные таблицы 7 показывают, что среднее значение цветности белого сахара при наличии сульфитационной обработки составило 0,44 ед. ICUMSA, в то время как без обработки – 0,50 ед. ICUMSA, т.е. в производственных условиях сульфитационная обработка утфеля I продукта позволила снизить цветность готовой продукции – белого сахара – на 12,0%.

Кроме того, среднее время уваривания утфеля при наличии сульфитационной обработки составило около 213 минут, в то время как без обработки – 220 минут, т.е. на 3,18% меньше. Однако для сульфитационной обработки в производственных испытаниях в качестве реагента применялся бисульфит натрия, а не сернистый ангидрид, обеспечивающий большее снижение вязкости утфеля I продукта. В случае применения сернистого ангидрида в качестве реагента для сульфитационной обработки теоретический потенциал сокращения времени уваривания утфеля I продукта вероятно должен находиться в диапазоне 4,5–5,5%.

Данный эффект достигается за счет нескольких факторов. Так, за счет сокращения времени варки снизилось потери сахарозы от термохимического разложения, продуктами которого на начальном этапе являются редуцирующие вещества, тем самым снизилось количество веществ, вступающих в реакцию Майяра [11]. С другой стороны, сульфогруппа бисульфита натрия блокировала альдегидные и кетонные группы редуцирующих веществ, тем самым препятствуя протеканию самой реакции Майяра [12].

Однако, на наш взгляд, при использовании для сульфитационной обработки сернистого ангидрида, а не бисульфита

натрия достигаемый эффект был бы несколько выше – около 14,0–16,0%. Это обусловлено тем, что при обработке сернистым ангидридом блокировка альдегидных и кетонных групп редуцирующих веществ происходит за счет двухвалентного аниона  $\text{SO}_3^{2-}$ , а при обработке бисульфитом – одновалентного  $\text{HSO}_3^-$ . Вследствие этого, количество блокируемых альдегидных и кетонных групп при обработке сиропа сернистым ангидридом выше.

#### Выводы

В результате исследований установлено, что сульфитационная обработка очищенного сока II сатурации способствует снижению цветности очищенного сока от 43 до 80% в зависимости от способа подготовки экстрагента. Однако, сульфитационная обработка экстрагента дает меньший обесцвечивающий эффект, чем сульфитационная обработка сока, а использование последовательной сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока дает наибольший эффект.

Сульфитационная обработка только экстрагента обеспечивает снижение цветности сиропа на 9,21% ниже, в то время как сульфитационная обработка только очищенного сока II сатурации – на 55,00%, а

сульфитационная обработка экстрагента и очищенного сока II сатурации – на 58,16%.

Кроме этого, повышение чистоты сиропа на 0,45% за счет сульфитационной обработки экстрагента и очищенного сока II сатурации снижает содержание сахарозы в мелассе на 0,11%, а следовательно, снижает и общие потери сахара в производстве.

Сульфитационная обработка смеси клеровок желтых сахаров II и III продуктов с применением сернистого ангидрида обеспечивает большее снижение их цветности по сравнению с бисульфитом натрия. Это обусловлено тем, что количество блокируемых альдегидных и кетонных групп при обработке сиропа сернистым ангидридом выше, чем при обработке бисульфитом натрия за счет двухвалентного аниона  $\text{SO}_3^{2-}$ , а не одновалентного  $\text{HSO}_3^-$ .

Среднее значение цветности белого сахара при наличии сульфитационной обработки утфеля I продукта с применением бисульфита натрия составило 0,44 ед. ICUMSA, в то время как без обработки – 0,50 ед. ICUMSA, т.е. в производственных условиях сульфитационная обработка утфеля I продукта позволила снизить цветность готовой продукции – белого сахара – на 12,0%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бобровник Л.Д. Химико-технологические аспекты цветных веществ сахарного производства. Тбилиси, 2012. 112 с.
2. Бугаенко И.Ф., Тужилкин В.И. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара. СПб.: ГИОРД, 2007. 512 с.
3. Бобровник Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве. Киев: Вища школа, 1994. 256 с.
4. Городецкий В.О., Семенихин С.О., Котляревская Н.И. Значение сульфитации в технологических процессах свеклосахарного производства и в переработке импортного тростникового сахара-сырца // Научные труды КубГТУ. 2018. № 11. С. 26–33.
5. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. Киев: ВНИИСП, 1983. 479 с.
6. Gorodetsky V.O., Semenikhin S.O., Daisheva N.M., Lyusy I.N., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M. Comparative evaluation of sugar beet processing intermediates color using various treatment methods. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 640: 052024.

7. Молотилин Ю.И. Городецкий В.О. Сульфитационная обработка соков, сиропов и экстрагента свеклосахарного производства // Сахар. 2013. № 9. С. 38–40.
8. Бугаенко И.Ф. Анализ потерь сахара в сахарном производстве и пути их снижения. Курск, 1994. 128 с.
9. Сапронов А.Р. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
10. Кульнева Н.Г., Болотов В.М., Бираро Г.Э. Анализ красящих веществ желтых сахаров свеклосахарного производства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 2 (80). С. 200–205.
11. Зелепукин С.Ю., Гольбин В.А., Федорук В.А., Ткачев А.А. Повышение качества сахара-песка за счет интенсификации сульфитации полупродуктов сахарного производства / Зелепукин Ю.И. [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 4 (62). С. 195–198.
12. Нагорная В.А. Современные технологии очистки диффузионного сока: учебное пособие. Киев: Госпищепром Украины, 1992. 129 с.

#### REFERENCES:

1. Bobrovnik L.D. Chemical and technological aspects of non-ferrous emissions of sugar production. Tbilisi; 2012. (In Russ.)
2. Bugaenko I.F., Tuzhilkin V.I. General industry technology: Scientific foundations of sugar technology. St. Petersburg: GIORD; 2007. (In Russ.)
3. Bobrovnik L.D. Physical and chemical bases of cleaning in sugar production. Kyiv: Higher School; 1994. (In Russ.)
4. Gorodetsky V.O., Semenikhin S.O., Kotlyarevskaya N.I. Sulfitation effect in technological processes of sugar beet facility and refining of imported raw cane sugar. Proceedings of KubSTU. 2018; 11: 26–33. (In Russ.)
5. Instructions for chemical and technical control and accounting of sugar production. Kyiv: RRI FCB, 1983. (In Russ.)
6. Gorodetsky V.O., Semenikhin S.O., Daisheva N.M. [et al.] Comparative evaluation of sugar beet processing intermediates color using various treatment methods. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 640:052024. (In Russ.)
7. Molotilin Yu.I., Gorodetsky V.O. Sulfitation treatment of juices, fibers and extractant of sugar beet production. Sugar. 2013; 9: 38–40. (In Russ.)
8. Bugaenko I.F. Analysis of sugar reduction in sugar production and ways of their deterioration. Kursk; 1994. (In Russ.)
9. Sapronov A.R. Sugar technology. St. Petersburg: Profession; 2013. (In Russ.)
10. Kulneva N.G., Bolotov V.M., Biraro G.E. Analysis of yellow sugar coloring substances from sugar beet production. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018; 2(80): 200–205. (In Russ.)
11. Zelepukin Yu.I., Zelepukin S.Yu., Golybin V.A. [et al.] Improving the quality of granulated sugar by intensifying the sulfitation of sugar production intermediates. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2014; 4 (62): 195–198. (In Russ.)
12. Nagornaya V.A. Modern technologies for purification of diffusion juice: a study guide. Kyiv: State Food Industry of Ukraine; 1992. (In Russ.)

**Информация об авторах / Information about the authors**

**Наиля Мидхатовна Даишева**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

daisheva\_n\_m@mail.ru

**Владимир Олегович Городецкий**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

gorodecky\_v\_o@mail.ru

**Семен Олегович Семенихин**, кандидат технических наук, заведующий отделом технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

semenikhin\_s\_o@mail.ru

**Мирсабир Миразалович Усманов**, научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

usmanov\_m\_m@mail.ru

**Nailya M. Daisheva**, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products of KSRISP – a branch of FSBSI NCSCHVW

daisheva\_n\_m@mail.ru

**Vladimir O. Gorodetsky**, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products of KSRISP – a branch of FSBSI NCSCHVW

gorodecky\_v\_o@mail.ru

**Semen O. Semikhin**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products of KSRISP – a branch of FSBSI NCSCHVW

semenikhin\_s\_o@mail.ru

**Mirsabir M. Usmanov**, a researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products of KSRISP – a branch of FSBSI NCSCHVW

usmanov\_m\_m@mail.ru