

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ В СВЕКЛОСАХАРНОЙ ОТРАСЛИ СУЛЬФИТСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ НА КАЧЕСТВО КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОЛУПРОДУКТОВ

Фабрицкая А.А., Семенихин С.О., канд. техн. наук,

Городецкий В.О., канд. техн. наук

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

(Краснодар, Россия)

a.a.gordievskaya@mail.ru

Реферат. Проведены исследования выявления влияния сульфитсодержащих реагентов на цветность и вязкость концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства. Выявлено, что сульфитационная обработка концентрированных полупродуктов с применением сернистого ангидрида более эффективна по сравнению с бисульфитом натрия. Наибольшее снижение цветности было достигнуто при сульфитационной обработке сернистым ангидридом с последующим возвратом к исходному значению pH – с 891,70 до 824,80 ед. ICUMSA. Установлено, что при обработке сернистым ангидридом вязкость снизилась на 4,93 %, в то время как при обработке бисульфитом натрия – на 1,66 %. Приведены химические реакции, протекающие при обработке концентрированных полупродуктов сульфитсодержащими реагентами.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, сульфитационная обработка, сернистый ангидрид, бисульфит натрия, клеровка, сироп, цветность, вязкость.

Summary. Research has been carried out to identify the impact of sulfite-containing reagents on the color and viscosity of sugar-beet processing concentrated intermediate products. It was found that the sulfitation treatment of concentrated intermediate products with the application of sulfurous anhydride is more effective than with sodium bisulfite. The greatest decrease in color was achieved during sulfitation treatment with sulfurous anhydride followed by a return to the initial pH value – from 891.70 to 824.80 ICUMSA units. It was found that with treatment with sulfurous anhydride the viscosity decreased by 4.93 %, while with treatment with sodium bisulfite – by 1.66 %. The chemical reactions occurring during the treatment of concentrated intermediates with sulfite-containing reagents are presented.

Key words: sugar-beet processing, sulphitation treatment, sulphurous anhydride, sodium bisulphite, remelt, syrup, color, viscosity.

Введение. Все технологические стадии переработки сахарной свеклы направлены на получение кристаллического сахара, соответствующего категориям Экстра и ТС 1. Для этого существуют рекомендуемые технологические режимы, обеспечивающие получение полупродуктов свеклосахарного производства с заданными свойствами. Однако, зачастую в результате нештатных производственных ситуаций качество полупродуктов может не соответствовать рекомендуемым по каким-либо параметрам. В свою очередь, качество концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства – сиропов, стандарт-сиропов и клеровок, является критически важным, так как от него напрямую зависит качество кристаллического сахара. Одними из показателей качества концентрированных полупродуктов, предопределяющими качество и себестоимость кристаллического сахара, являются их цветность и вязкость.

Цветность полупродуктов сахарного производства является важным технологическим показателем, так как он предопределяет цвет готового продукта – кристаллического сахара. Согласно действующему ГОСТ 33222-2015 [1], высокоокрашенный кристаллический сахар

имеет более низкие категории качества (ТС 2 и ТС 3) и, как следствие, более низкую отпускную цену.

Проблема снижения цветности особенно актуальна в отношении концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства – сиропа, стандарт-сиропа и клеровок желтых сахаров II и III продукта, так как именно эти полупродукты напрямую определяют цветность получаемого кристаллического сахара [2, 3]. При несоблюдении технологических режимов и получении концентрированных полупродуктов с повышенной цветностью выработка кристаллического сахара высоких категорий становится практически невозможной.

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 I продукта, из которых в течение 8 и 24 часов увариваются утфели II и III продукта. Это, в свою очередь, приводит к увеличению цветности желтых сахаров и получаемых из них клеровок, возвращаемых обратно на стадию приготовления стандарт-сиропа. Таким образом, ухудшение цветности сиропа и стандарт-сиропа имеет циклический характер.

Вязкость полупродуктов оказывает важную роль в технологии сахарного производства, так как определяет эффективность проведения процессов концентрирования растворов сахарозы – выпаривание и кристаллизацию [4]. Вязкость полупродуктов сахарного производства в большей степени зависит не только от их чистоты, а также от температуры [5]. Кроме этого, влияние температуры на вязкость также зависит от чистоты раствора. В растворах с высокой чистотой снижение вязкости с ростом температуры менее выражено, чем в растворах с низкой чистотой.

Учитывая это, необходимо устанавливать такие технологические режимы на производстве, которые направлены не только на увеличение выхода готовой продукции, но и на улучшение её потребительских свойств, вследствие чего выручка предприятия будет выше, за счет выработки сахара более высоких категорий качества (Экстра и ТС 1).

Следует отметить, что качественный состав несахаров, в особенности присутствие солей кальция, натрия и калия, также оказывает влияние на вязкость полупродукта. Известно, что карбонаты в большей степени увеличивают вязкость сахарных растворов по сравнению с сульфитами [3].

Учитывая это, сульфитация, которая обычно рассматривается как прием для обесцвечивания полупродуктов, также способствует снижению вязкости и щелочности полупродуктов сахарного производства. Однако, данные, характеризующие степень влияния сульфитационной обработки на вязкость концентрированных полупродуктов, до настоящего времени отсутствовали.

В связи с этим, для получения кристаллического сахара высокой категории качества с высоким выходом необходимо обеспечить получение концентрированных полупродуктов с максимально низкой цветностью и вязкостью.

Объекты и методы исследований. На первом этапе проводили исследования, направленные на выявление влияния сульфитационной обработки концентрированных полупродуктов на их вязкость. Для получения в результате лабораторных исследований данных, максимально соответствующих производственным условиям, в качестве объекта исследований был выбран модельный раствор сиропа, приготовленный из предоставленной ЗАО «Сахарный комбинат «Курганинский» клеровки желтых сахаров II и III продукта, содержащей в своем составе разнообразные несахара, сформированные на различных этапах переработки корнеплодов сахарной свеклы.

Для приготовления модельного раствора сиропа клеровку желтых сахаров II и III продукта с начальным содержанием сухих веществ 68,0 % разбавляли дистиллированной водой до содержания сухих веществ 55,0 %, так как этому значению соответствует среднее значение сухих веществ в сиропах, получаемых в производственных условиях. Далее полученный модельный раствор сиропа делили на три равные части. Первую часть оставляли без обработки (Контроль), вторую часть обрабатывали сернистым ангидридом (Образец 1), соответствующим требованиям ГОСТ 2918-79 [6], а третью – бисульфитом натрия Марки А с массовой долей действующего вещества 25,5 %, соответствующим требованиям ГОСТ 902-76 [7] (Образец 2). После этого проводили вискозиметрическое определение кинематической вязкости образцов модельного сиропа, на основании которой рассчитывали динамическую вязкость по формуле 1:

$$\mu = V \cdot \rho, \quad (1)$$

где: μ – динамическая вязкость, пз;
 V – кинематическая вязкость, м²/с;
 ρ – плотность жидкости, кг/м³.

На втором этапе проводили исследования, направленные на выявление влияния сульфитационной обработки концентрированных полупродуктов на их цветность.

В качестве объекта исследований был выбран модельный раствор сиропа, приготовленный из предоставленной ЗАО «Сахарный комбинат «Курганинский» клеровки желтых сахаров II и III продукта. Нами было принято решение не разбавлять модельный раствор, аналогично первому этапу, так как общеизвестно, что скорость реакции прямопропорциональна концентрациям веществ и процесс ингибирования высокоокрашенных соединений будет более наглядным. Вначале проводили подщелачивание клеровки желтых сахаров II и III продукта с начальным содержанием сухих веществ 68,0 % 1 н раствором NaOH до оптимальных значений pH 9,0-9,5. Далее модельный раствор делили на 4 равные части. Первую часть оставляли без обработки в качестве контрольной (Контроль), вторую часть обрабатывали сернистым ангидридом, соответствующим ГОСТ 2918-79 [4], до достижения pH 8,5-9,0 (Образец 1), третью – сернистым ангидридом до достижения pH 8,5-9,0, после чего доводили до достижения исходного значения pH 9,0-9,5 1 н раствором NaOH (Образец 2), а четвертую – раствором бисульфита натрия Марки А с массовой долей действующего вещества 25,5 %, соответствующего требованиям ГОСТ 902-76 [5], до достижения pH 8,5-9,0 (Образец 3).

Исследования проводили в трех повторностях, полученные данные усредняли.

Обсуждение результатов. В таблице 1 приведены данные, характеризующие влияние сульфитационной обработки образцов модельного раствора сиропа на степень снижения их вязкости.

Из представленных данных следует, что сульфитационная обработка концентрированных полупродуктов с применением сернистого ангидрида обеспечивает большее снижение вязкости по сравнению с бисульфитом натрия. Так, при обработке модельного раствора сиропа сернистым ангидридом его вязкость снизилась на 4,93 %, в то время как при обработке бисульфитом натрия – на 1,66 %.

Учитывая, что степень обработки была примерно одинакова – значение pH было снижено с 6,62 до 5,95 при обработке сернистым ангидридом и до 6,00 при обработке бисульфитом натрия, можно сделать обоснованный вывод о том, что для снижения вязкости концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства сернистый ангидрид является более эффективным, по сравнению с бисульфитом натрия.

Таблица 1 – Влияние сульфитационной обработки образцов модельного раствора сиропа на степень снижения их вязкости

Показатель	Значение показателя		
	Контроль	Образец 1	Образец 2
Содержание сухих веществ, %	55,0±0,8	55,0±0,8	55,0±0,8
Содержание сахарозы, %	52,25±0,5	52,25±0,5	52,25±0,5
Чистота, %	95,0	95,0	95,0
Значение pH, ед.	6,62	5,95	6,00
Кинематическая вязкость, м ² /с	15,767x10 ⁻⁶	14,991x10 ⁻⁶	15,508x10 ⁻⁶
Динамическая вязкость, спз	1,987	1,889	1,954
Степень снижения динамической вязкости, %	–	4,93	1,66

В таблице 2 приведены данные, характеризующие влияние сульфитационной обработки образцов модельного раствора сиропа на степень снижения их цветности.

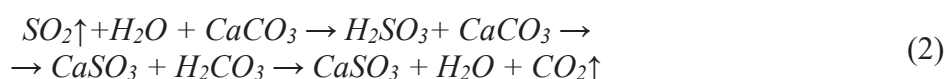
Таблица 2 – Влияние сульфитационной обработки образцов модельного раствора сиропа на степень снижения их цветности

Показатель	Значение показателя			
	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Содержание сухих веществ, %	67,0±1,0	67,5±1,0	66,8±1,0	67,4±1,0
Содержание сахарозы, %	64,00±0,8	64,25±0,8	63,60±0,8	64,15±0,8
Чистота, %	95,20	95,20	95,20	95,20
Значение pH, ед.	9,16	8,76	9,15	8,74
Цветность, ед. ICUMSA	891,70	830,30	824,80	857,30
Степень снижения цветности, %	–	6,89	7,50	3,86

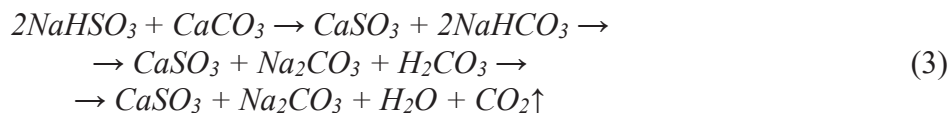
Из представленных данных следует, что сульфитационная обработка концентрированных полупродуктов с применением сернистого ангидрида обеспечивает большее снижение их цветности по сравнению с бисульфитом натрия. Наибольшее снижение цветности было достигнуто при сульфитационной обработке сернистым ангидридом с последующим возвратом к исходному значению pH – с 891,70 до 824,80 ед. ICUMSA. На наш взгляд, это достигается тем, что вносимый для подщелачивания гидроксид натрия, являясь более активным, заместил некоторое количество кальция, вследствие чего произошло снижение цветности.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что при обработке концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства применение сернистого ангидрида более эффективно по сравнению с бисульфитом натрия с точки зрения их влияния на вязкость и цветность обрабатываемого полупродукта. На наш взгляд, это можно объяснить тем, что химические реакции, протекающие при обработке модельного раствора сиропа сернистым ангидридом и бисульфитом натрия, различны.

Так, при обработке модельного раствора сиропа сернистым ангидридом в результате его реакции с карбонатом кальция образуются сульфит кальция и углекислота, впоследствии распадающаяся на углекислый газ и воду, в соответствии с формулой 2:



Однако при обработке модельного раствора сиропа бисульфитом натрия образуется не углекислота, а гидрокарбонат натрия, который впоследствии под воздействием высокой температуры распадается на карбонат натрия и углекислоту, которая, в свою очередь, распадается на углекислый газ и воду, в соответствии с формулой 3:



Образующийся в этом случае карбонат натрия в некоторой степени повышает вязкость модельного раствора сиропа, уменьшая эффект снижения вязкости при переводе карбоната кальция в сульфит кальция. Вследствие этого, с точки зрения снижения вязкости, обработка концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства сернистым ангидридом более эффективна, по сравнению с обработкой бисульфитом натрия.

Кроме этого, не следует забывать, что натрий является сильным мелассообразователем и его дополнительное внесение в полупродукты сахарного производства, даже в незначительных количествах, приводит к снижению выхода сахара и повышению его содержания в мелассе. Это, в свою очередь, также свидетельствует о преимуществе обработки концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства сернистым ангидридом, по сравнению с обработкой бикарбонатом натрия.

Тем не менее, в конечном итоге, сульфитационная обработка концентрированных полупродуктов свеклосахарного производства, независимо от применяемого реагента – сернистого ангидрида или бисульфита натрия, обеспечивает снижение вязкости и, как следствие, сокращение времени уваривания утфелей, что, в свою очередь, позволяет сократить неучтенные потери сахарозы в результате термохимического разложения.

Литература

1. ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия. Введ. 2016-07-01-01. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.
2. Славянский А.А. Специальная технология сахарного производства. СПб.: Лань, 2020. 216 с.
3. Бугаенко И.Ф., Тужилкин В.И. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара. Ч.1. СПб.: ГИОРД, 2007. 512 с.
4. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. Киев: ВНИИСП, 1983. 479 с.
5. Городецкий В.О., Семенихин С.О., Даишева Н.М., Люсий И.Н., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Влияние сульфитационной обработки очищенного сока II сатурации на вязкость и эффективность его выпаривания // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2020. № 2-3. С. 74-76.
6. ГОСТ 2918-79. Ангидрид сернистый жидкий технический. Технические условия. Введ. 1980-01-01. М.: Издательство стандартов, 1987. 15 с.
7. ГОСТ 902-76. Натрия бисульфит технический (водный раствор). Технические условия. Введ. 1978-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 11 с.