

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ ГУСТЫХ ПРОДУКТОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Городецкий В.О., канд. техн. наук, Люсый И.Н., канд. техн. наук,
Даишева Н.М., канд. техн. наук, Семенихин С.О., канд. техн. наук,
Котляревская Н.И., Усманов М.М.

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. В статье рассмотрена технология известково-углекислотной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов (сиропов) с проведением сатурационной обработки в одну ступень. Приведено теоретическое обоснование необходимости проведения известково-углекислотной очистки сиропа, отмечены ее преимущества в сравнении с очисткой низкоконцентрированных растворов. Представлена принципиальная схема разработанного нами способа очистки концентрированных сахаросодержащих растворов, предусматривающая их обработку гидроксидом кальция и последующую карбонизацию. Проведена сравнительная оценка существующей и усовершенствованной технологий очистки концентрированных сахаросодержащих растворов.

Ключевые слова: известково-углекислотная очистка, концентрированные сахаросодержащие растворы, карбонизация, бикарбонизация, сатурация, чистота, эффект очистки, цветность

Summary. The technology of lime-carbon dioxide purification of concentrated sugar-containing solutions (syrups) with carbonation treatment in one step is considered in the article. Theoretical substantiation of the necessity of syrup lime-carbon dioxide purification is given and its advantages in comparison with purification of low-concentration solutions are noted. The principal scheme of the method of concentrated sugar-containing solutions purification developed by us is proposed, which involves the treatment of solutions with calcium hydroxide and subsequent carbonization. A comparative evaluation of existing and improved technologies of concentrated sugar-containing solutions purification is carried out.

Key words: lime-carbon dioxide purification, concentrated sugar-containing solutions, precarbonation, bicarbonation, carbonation, purity, purification effect, coloration

Введение. Определяющим фактором качества белого сахара является его цветность. Согласно действующему ГОСТ 33222-2015 цветность белого сахара категории экстра в единицах оптической плотности (ICUMSA) не должна превышать 45, первой категории – не более 60. Сахар, который не отвечает этим требованиям, относится к категориям низкого качества, что приводит к снижению его цены и уменьшению возможностей сбыта на отечественном и мировом рынках.

Кроме того, красящие вещества отрицательно влияют на процессы очистки сока, кристаллизации и центрифугирования сахара, способствуют увеличению количества пробеливающей воды при центрифугировании утфеля I продукта и потерь сахара с оттеками, снижают продолжительность хранения сахара. В связи с этим проблема повышения качества концентрированного сахаросодержащего раствора (сиропа) как определяющего фактора, влияющего на качество белого сахара, была и остается чрезвычайно актуальной. К настоящему времени известно много способов дополнительной очистки сиропа и клервов свеклосахарного производства. В частности, для очистки сиропов можно применять адсорбционное удаление красящих веществ с помощью ионообменных смол, природных сорбентов и активированного угля.

Известным способом очистки концентрированных полупродуктов сахарного производства является дефекосатурация, которая обеспечивает снижение цветности сиропа и повышение его чистоты за счет адсорбции нес сахаров осадком карбоната кальция. Основным недостатком этого способа является значительное пенение сахарных растворов, которое усложняет его практическое использование.

Экспериментальными исследованиями установлено, что более склонны к адсорбированию карбонатом кальция крупные (с высокой молекулярной массой) ионы с малой подвижностью, каковыми преимущественно являются красящие вещества – продукты разложения инвертного сахара и карамелизации сахаров (карамели, продукты щелочного разложения и меланоидины), образующиеся в процессе выпаривания и кристаллизации [1].

В производственных сахаросодержащих растворах свыше 80 % нес сахаров имеют электролитический характер, то есть находятся в диссоциированном состоянии. По мнению Г. Шевека, красящие вещества являются анионами с присущим им отрицательным зарядом [2]. Этим объясняется обесцвечивание производственных сахарных растворов карбонатом кальция, который, образуясь в условиях избытка ионов Ca^{2+} , является анионообменником с селективным коэффициентом разной величины для одно- и двухосновных кислот.

Известно, что объемный коэффициент адсорбции, то есть коэффициент, рассчитанный по расходу извести на единицу объема обрабатываемого раствора, остается постоянным для различных концентраций сахарных растворов при прочих равных условиях очистки [3]. При сгущении сока количество сухих веществ в единице объема производственного сахарного раствора увеличивается. В результате, при переходе на очистку сиропа необходимый расход гидроксида кальция может быть сокращен в 3-4 раза, то есть расход гидроксида кальция в количестве 0,3-0,4 % СаО на очистку сиропа равноценен расходу гидроксида кальция в количестве около 1 % к массе свеклы на очистку сока. Это имеет особое значение при переработке свеклы с пониженными технологическими качествами, когда для полноты адсорбционной очистки требуется значительное увеличение расхода гидроксида кальция. Поэтому из общего его расхода, затрачиваемого на очистку полупродуктов сахарного производства, целесообразно выделить часть на обработку более концентрированного раствора. Таким образом, с точки зрения эффективности очистки и экономии вспомогательных материалов, в частности известнякового камня и топлива на его обжиг, целесообразно проводить известково-углекислотную очистку концентрированных сахаросодержащих растворов.

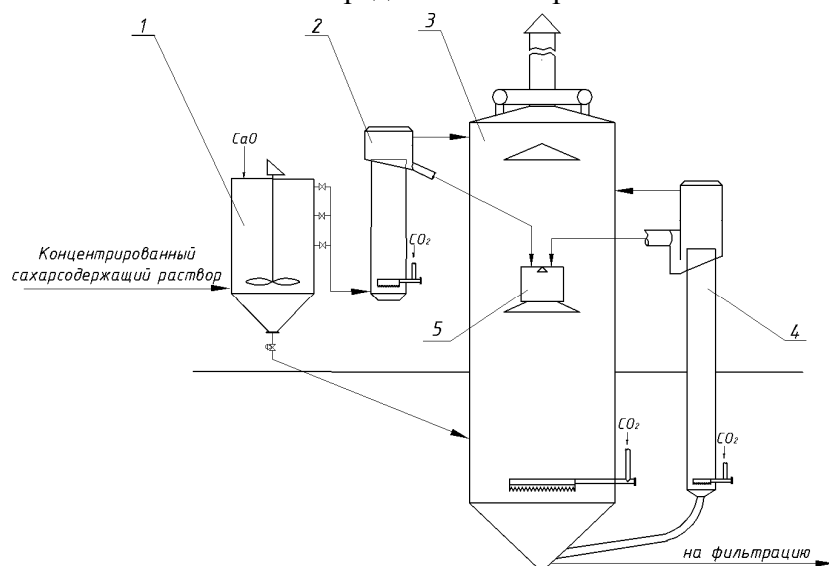
В результате проведенных нами исследований разработан и запатентован высокоэффективный способ очистки густого сахаросодержащего раствора (патент РФ № 2610704), позволяющий снизить цветность очищенного сиропа, увеличить выход готового продукта и, соответственно, прибыль предприятия, что является актуальным для отечественной свеклосахарной промышленности.

Объекты и методы исследований. Для экспериментальной проверки эффективности теоретических предпосылок по созданию нового высокоэффективного способа известково-углекислотной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов в лабораторных условиях была проведена серия исследований. Отобранные для исследований образцы корнеплодов сахарной свеклы измельчали в стружку на полупромышленной свеклорезке и помещали в лабораторную диффузионную установку Красильщикова для получения диффузионного сока.

Данная модель диффузионной установки позволяет получать диффузионный сок по качеству, приближенный к диффузионному соку, получаемому в производственных условиях. Содержание сухих веществ сока (СВ,%) составляло 13-15 %, содержание веществ коллоидной дисперсности соответствовало их концентрации в производственных соках.

Полученный в лабораторных условиях диффузионный сок подвергали известково-углекислотной очистке до значений рН, оптимальных для сатурационных соков. Фильтрованный очищенный сок выпаривали до содержания сухих веществ около 50 % для проведения экспериментов по очистке концентрированных сахаросодержащих растворов. Исследования осуществляли на экспериментальной лабораторной установке, аналогичной той, что использовалась для экспериментов с исследованием режимов очистки диффузионного сока.

Принципиальная схема очистки представлена на рис.



1-дефекатор; 2-первый прямоточный сатуратор (карбонизатор); 3-противоточный сатуратор; 4-второй прямоточный сатуратор (бикарбонизатор); 5-камера смешивания

Рис. Принципиальная схема адсорбционной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов

С целью повышения эффекта очистки концентрированных сахаросодержащих растворов в схеме предусматривается обработка растворов гидроксидом кальция и карбонизация в три ступени. На первой ступени процесс вели до значений рН 11,3-11,5, а на второй – до оптимальной щелочности. Первую ступень карбонизации осуществляли в отдельной емкости 2 сатурационным газом. Раствор после второй ступени карбонизации разделяли на две части, одну из которых направляли на фильтрацию, а другую подвергали пересатурированию (бикарбонизации) свежим сатурационным газом (третья ступень карбонизации) в прямоточном бикарбонизаторе 4 с последующим отделением сатурационного газа и направлением бикарбонизированного раствора на смешивание с раствором после первой ступени карбонизации. Смесь сатурировали в противоточном сатураторе 3 до щелочности, оптимальной для II сатурации (вторая ступень карбонизации).

Разработанный технологический режим известково-углекислотной очистки концентрированного сахаросодержащего раствора заключается в следующем: сироп обрабатывают гидроксидом кальция в дефекаторе 1 до рН 12,3-12,5 и подают на первую ступень карбонизации 2, где происходит обработка сиропа сатурационным газом до достижения значения рН 11,3-11,5 путем смешивания сатурационного газа с потоком сиропа. После первой ступени карбонизации сироп поступает на вторую ступень в верхнюю часть 5 противоточного сатуратора 3, где происходит смешивание его с потоком бикарбонизированного сиропа из бикарбонизатора 4. Далее смесь попадает в нижнюю часть сатуратора 3, где движется в противотоке со свежим сатурационным газом и сатурруется до конечной оптимальной щелочности.

Отсатурированный сироп после конечной (оптимальной) сатурации разделяется на две части, одна из которых направляется на последующие фильтрацию, а другая поступает на третью ступень карбонизации в сатуратор-бикарбонизатор 4 трубчатого типа, где в целях образования гидрокарбоната кальция обрабатывается до рН 7,0-8,0 свежим сатурационным газом путем эжектирования его в сироп. За счет эжектирования сатурационного газа осуществляется подъем сиропа в трубе и подача его в верхнюю часть противоточного сатуратора 3.

Обсуждение результатов. Параллельно с экспериментальным вышеописанным способом очистки сахарсодержащего раствора проводили типовой способ очистки, заключающийся в обработке сиропа гидроксидом кальция до рН 12,3-12,5 и последующей сатурации до конечной оптимальной щелочности.

Усредненные результаты проведенных исследований по экспериментальному способу и типовому представлены в табл.

Таблица – Сравнительные результаты экспериментальных исследований по очистке концентрированных сахарсодержащих растворов (сиропов)

Наименование показателя	Значение показателя	
	Способы известково-углекислотной очистки	
	типовой	экспериментальный
Исходный сироп		
Содержание сухих веществ (СВ) %	49,1	
Чистота (Ч), %	87,7	
Очищенный сироп		
Расход Ca(OH) ₂ , % CaO	1,12	1,01
Снижение расхода извести, %	-	0,11
Чистота очищенного раствора, %	89,8	90,6
Прирост чистоты, %	-	0,8
Эффект известково-углекислотной очистки, %	19,1	25,6
Увеличение эффекта очистки (Δ, %)	-	6,5
Содержание солей кальция, % CaO к массе продукта	0,115	0,091
Цветность, единиц оптической плотности	456,7	407,4

Как видно из данных табл., эффект очистки полученного в лабораторных условиях сиропа по сравнению с типовым вариантом увеличился на 5-6 %, что позволило увеличить чистоту очищенного концентрированного сахарсодержащего раствора на 0,8 % с соответствующим увеличением выхода сахара-песка на 0,2 % к массе перерабатываемой свеклы и уменьшением содержания сахара в мелассе. Кроме того, разработанный способ позволил сократить расход гидроксида кальция на 0,11 % к массе сиропа и, соответственно, расход топлива на обжиг соответствующего количества известнякового камня.

Использование предлагаемого способа очистки сиропа обеспечивает повышение эффекта адсорбционной очистки, которая складывается из нескольких составляющих. На первой ступени карбонизации проводится адсорбционная очистка карбонатом кальция в среде с избытком иона гидроксила OH⁻, то есть в среде с активной щелочностью равной 0,2-0,4 % CaO и рН 11,3-11,5. Адсорбционная очистка на второй ступени осуществляется при глубоком пересатурировании карбонатом кальция, образованном в среде с избытком HCO₃⁻ при рН 7,0-8,0 на третьей ступени карбонизации в бикарбонизаторе 4. Глубокое пересатурирование нельзя осуществлять ниже рН 7,0, так как именно это значение рН характеризуется изоэлектрической точкой амфотерного осадка белково-пектинового комплекса, при которой осадок обладает наименьшей гидратированностью и, соответственно, максимальной плотностью.

Верхний предел рН 8,0 – это то значение рН, ниже которого в сиропе накапливается в растворенном виде гидрокарбонат кальция, проявляющий осаждающее действие в среде, близкой к нейтральной. Повышение значения рН более 8,0 значительно снижает эффект очистки.

Дополнительный эффект очистки достигается при смешивании сиропа после первой ступени карбонизации, содержащего частицы коллоидной степени дисперсности CaCO_3 в среде с повышенной щелочностью и сиропа после третьей ступени карбонизации с рН 7,0-8,0, содержащего частицы карбоната кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. При смешивании сиропов происходит быстрое образование конгломерата осадка CaCO_3 в процессе, так называемой, «мгновенной» сатурации. При этом, анионы красящих веществ, входящие в состав противоионов адсорбционного слоя, оказываются включенными внутрь образовавшегося конгломерата, что обеспечивает высокий адсорбционный эффект.

Выводы. Установлена эффективность адсорбционной известково-углекислотной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов (сиропов) с применением технологических приемов карбонизации и бикарбонизации, позволяющей повысить чистоту получаемых сиропов, снизить их цветность и значительно сократить расход гидроксида кальция на осуществление процесса очистки.

Экспериментальными исследованиями установлено, что расход гидроксида кальция на дефекацию при очистке концентрированных сахаросодержащих растворов по предлагаемому способу уменьшается на 0,11 % к массе обрабатываемого раствора или на 0,04 % к массе перерабатываемой свеклы с увеличением эффекта очистки на 6,0 % и приростом чистоты на 0,8 % абсолютных. Полученные показатели при прочих равных условиях обеспечивают увеличение выхода сахара-песка на 0,15-0,20 % к массе свеклы, что свидетельствует в пользу предлагаемого нами способа.

Проведенные нами исследования по очистке концентрированных сахаросодержащих растворов, кроме того, подтвердили ранее сделанный вывод применительно к очистке диффузионного сока о том, что карбонизация и бикарбонизация дефекованного сиропа с последующим сатурированием в одну ступень способствует получению термоустойчивого очищенного сиропа с минимально возможной концентрацией солей кальция. Это приводит к минимальному отложению солей кальция на поверхности теплообмена последних корпусов выпарной установки и снижению потерь сахара в мелассе.

На основании комплекса проведенных исследований разработан научно обоснованный и инновационный способ высокоэффективной известково-углекислотной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов, позволяющий улучшить их показатели качества, повысить эффект очистки концентрированных сахаросодержащих растворов и сократить расход вспомогательных материалов.

Разработанный способ известково-углекислотной очистки концентрированных сахаросодержащих растворов обеспечивает получение сахара-песка высокого качества в условиях варьирования в широком диапазоне качества исходного сырья, защищен патентом РФ на изобретение и имеет «ноу-хау».

Литература

1. Даишев, М.И. Об обратимости адсорбции красящих веществ продуктов сахарного производства / М.И. Даишев // Известия вузов. Пищевая технология. – 1972. – №4. – С. 27-29.
2. Schwek, H. Der Assalini-B-Prozeß ein neues Verfahren Zur Melasseentzuckerung / H. Schwek // Zucker. – 1959. – №21. – p. 502-509.
3. Даишев, М.И. Исследования по повышению эффектов очистки и кристаллизации в сахарном производстве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / М. И. Даишев. – Киев, ВНИИСП. – 1974. – 53 с.