

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Воронежский государственный университет инженерных технологий
Кафедра «Технологии бродильных и сахаристых производств»

МБОУ лицей №4

**Тема проектной работы: «Способы очистки диффузионного сока в
свеклосахарном производстве»**

Руководитель:

учитель химии высшей КК

Шевченко Алла Вячеславовна

Воронеж 2019

Содержание.

Введение.....	3
1. Химический состав диффузионного сока.....	5
2. Классификация диффузионных соков.....	10
3. Схема очистки диффузионного сока.....	15
Заключение.....	26
Список использованной литературы.....	29
Приложение.....	30

Введение

Экономическая эффективность предприятий сахарной промышленности зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются себестоимость сахара, удельные затраты на его производство, капитальные вложения. Успешное развитие сахарной отрасли в значительной степени определяется рациональным использованием сырья и ресурсов. Максимальная эффективность работы достигается при наибольшей выработке сахара с единицы посевов сахарной свеклы при наименьших затратах труда, т. е. при максимальной прибыльности и в свекловодстве, и в сахарной промышленности. Важным фактором роста эффективности сахарного производства является повышение эффекта очистки диффузионного сока. От него зависит фильтрование сока, его выпаривание и кристаллизация сахарозы. Диффузионный сок – поликомпонентная система. Он содержит сахарозу и несахара, представленные растворимыми белковыми, пектиновыми веществами и продуктами их распада, редуцирующими сахарами, аминокислотами, амидами кислот, слабыми азотистыми основаниями, солями органических и неорганических кислот. Цвет диффузионного сока серый, почти черный. Он обуславливается продуктами окисления фенольных соединений свеклы. Из известных методов очистки диффузионного сока известково-углекислотная очистка по-прежнему остается единственным способом, применяемым в промышленности. При оптимальном проведении процесса благодаря известково-углекислотной очистке можно удалить из диффузионного сока 28–40 % несахаров. Важным фактором в оптимизации свеклосахарного производства является совершенствование технологии очистки диффузионного сока. В связи с повышением требований к качеству сахара, увеличением цен на топливо, известняковый камень и другие вспомогательные материалы перед работниками сахарной отрасли особенно остро ставится задача по совершенствованию технологии и оптимизации технологических режимов. Определяющими факторами при разработке

современной технологии очистки являются снижение расхода извести с одновременным повышением общего эффекта очистки и термостойкости очищенного сока, максимально возможное уменьшение потерь сахара и снижение энергоемкости процесса. В первой главе особое внимание уделено выбору оптимальных условий проведения процесса очистки диффузионного сока. Во второй главе представлен материал, характеризующий требования к извести, известковому молоку и сатурационному газу. Контроль качества диффузионного сока, поступающего на дефекосатурационную очистку, а также контроль качества соков в процессе известково-углекислотной очистки рассматриваются в третьей главе.

1. Химический состав диффузионного сока

Диффузионный сок содержит 12–15 % СВ и 1,5–3 г/л взвешенных примесей (мезги). Чистота диффузионного сока зависит от качества перерабатываемой свеклы и колеблется в интервале 82–88 %. Помимо сахарозы, в диффузионный сок из свеклы переходят и другие компоненты, масс. % от массы в свекле: высокомолекулярные соединения (ВМС) — 30, соли калия — 80, соли натрия — 60, аминный азот — 95, все моносахариды. Доля редуцирующих веществ (РВ) в диффузионном соке увеличивается по сравнению с клеточным соком в 1,24 раза. В составе несахаров сока присутствуют также органические кислоты с преобладанием молочной кислоты. Относительное содержание растворенных несахаров зависит от качества свеклы и в расчете на СВ раствора составляет 11–16 %. Характеристика диффузионного сока приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика диффузионного сока.

Несахара	Количественное содержание, масс. % от массы свеклы		
	I	II	III
Общий несахар	2	2,0-2,6	2,6
Вещества коллоидной дисперсности	0,4	0,4–0,8	0,8
Пектиновые вещества	0,1	0,1–0,2	0,2
Аминный азот	0,025	0,025–0,04	0,04
Редуцирующие вещества	0,15	0,15–0,25	0,25
Зола	0,5	0,5–0,7	0,7

Диффузионный сок, полученный из свеклы разного качества, можно разделить на три группы: I — хорошего качества, II — среднего

качества, III — низкого качества. Компонентный состав несaxаров приведен в табл.2.

Таблица 2. Состав несaxаров диффузионного сока.

Несaxара	Содержание, масс. %
Редуцирующие вещества	0,05–0,1
Галактоза	0,01–0,04
Раффиноза	0,05–0,5
Галактинол	0,05
Аминокислоты	0,20–0,45
Белки	0,04–0,2
Бетаин	0,14–0,15
Пектиновые вещества 0,05–0,1	0,05–0,1
Арабинан	0,05
Сапонины	0,05–0,3
Катионы	
К	0,15
Na	0,01
Mg	0,02–0,05
Ca	0,005–0,01
Анионы неорганических кислот	
PO_4^{3-}	0,01–0,05
NO_3^-	0,015–0,05
SO_4^{2-}	0,015
Cl^-	0,03
Органические кислоты	
Муравьиная	0,01
Уксусная	0,03–0,05
Щавелевая	0,01–0,02

Масляная	0,005
Гликолевая	0,002–0,01
Пировиноградная	0,003
Яблочная	0,02–0,07
Молочная	0,002–0,05
Винная	0,0157
Лимонная	0,02–0,15
Аконитовая	0,08
Галактуроновая	0,003–0,01

Присутствие несхаров в растворе затрудняет кристаллизацию сахарозы и не позволяет получить высокий выход целевого продукта (сахара) достаточной степени чистоты. В ходе выпаривания может происходить гидролитический распад сахарозы, скорость которого увеличивается при снижении рН (минимальная скорость распада наблюдается при рН = 7,5,8,5), в результате чего образуются моносахариды (глюкоза и фруктоза). Причиной низкой устойчивости С–О–С-связи к гидролизу, особенно в кислой среде, является наличие в молекуле сахарозы фуранозного цикла, участвующего в образовании гликозидной связи. При повышенных температурах углеводы подвергаются превращениям по различным направлениям. Одно из этих направлений, приводящее к появлению окрашенных соединений, связано с протеканием процессов двух типов:

- реакции молекул восстанавливающих углеводов и продуктов их превращений друг с другом (карамелизация);
- реакции восстанавливающих углеводов и продуктов их превращений с аминами (меланоидинообразование).

Названные превращения затрудняют получение целевого продукта высокой степенью чистоты. Окрашенные соединения имеют сложное и до конца не выясненное строение, что связано с участием в

реакциях как исходных моносахаридов, так и разнообразных промежуточных соединений. Предполагается, что важной предварительной стадией превращений моносахаридов, приводящей к образованию реакционноспособных α (альфа) - дикарбонильных группировок, является реакция β -элиминирования (дегидратация). Дальнейшие превращения α (альфа) - дикарбонильных соединений могут осуществляться по разным маршрутам. Образование полимерных продуктов происходит при постадийном взаимодействии α (альфа) - дикарбонильных соединений друг с другом.

В результате реакции присоединения происходит образование углерод-углеродной связи (альдольная конденсация); дегидратация промежуточно образующегося гидроксисоединения приводит к возникновению двойной связи, сопряженной с карбонильными группами. В этой реакции одно соединение, находящееся в енольной форме, выступает в роли нуклеофила, причем нуклеофильная атака может происходить по обеим карбонильным группам соединения. Накопление сопряженных двойных связей в продуктах конденсации является причиной появления окраски.

Сложность строения окрашенных продуктов (кара멜ей) связана не только с появлением и накоплением нескольких активных центров, но и с участием в реакциях по такому механизму как продуктов фрагментации, так и циклических продуктов (производные фурана, пиррола) превращений углеводов. В случае присутствия в системе аминов они выполняют роль конкурирующих нуклеофилов и, взаимодействуя с карбонильными группами α (альфа) - дикарбонильных соединений, образуют имины, включенные в систему сопряжения. В роли азотсодержащих нуклеофилов могут выступать не только аминосоединения, выделенные из исходного сырья, но и продукты их взаимодействия с моносахаридами, например аминодезоксикетозы, образующиеся в результате имин-енаминовой

перегруппировки (перегруппировка Амадори) первичных продуктов, которая облегчается наличием у β -углеродного атома гидроксильной группы. Как и в процессе карамелизации, реакции присоединения/отщепления могут происходить посредством нуклеофильной атаки нескольких реакционных центров различными азотсодержащими нуклеофилами, что приводит к образованию продуктов сложного строения.

Максимальная скорость реакций образования окрашенных соединений наблюдается в среде, близкой к нейтральной, что можно объяснить относительно высокой концентрацией нуклеофильных и электрофильных частиц. При низких рН протонирование снижает концентрацию нуклеофилов, при высоких рН присутствие гидроксид-анионов, являющихся конкурирующими нуклеофилами, направляет превращения карбонилсодержащих соединений по другим маршрутам. Нельзя исключить участия в образовании окрашенных веществ в кислой среде и гетероциклических соединений (фуранов и пирролов), однако при относительно невысоких температурах (до 100 °С) вклад этого направления превращений моносахаридов, по-видимому, будет невелик.

2. Классификация диффузионных соков

Качество диффузионного сока зависит от содержания в нем сахара, которое обусловлено многими факторами, важнейшим из которых является качество перерабатываемой свеклы. Качество диффузионного сока, поступающего на станцию дефекоосатурационной очистки, зависит от условий проведения процесса экстрагирования сахара в диффузионном аппарате.

Получение диффузионного сока высокой чистоты обусловлено следующими факторами: поступлением на резку чистой свеклы с минимальным содержанием микроорганизмов; получением высококачественной свекловичной стружки; использованием в диффузионном процессе высококачественной питательной воды; регулярным введением в диффузионную установку дезинфектора (в автоматическом режиме); глубоким отжимом свекловичного жома и возвратом всей жомопрессовой воды в диффузионную установку.

Для получения качественного диффузионного сока, увеличения выхода сахара при рациональном расходе извести необходимо: добиваться максимальной очистки корнеплодов сахарной свеклы от легких примесей, отмывания от песка и глины; объединить в очистительном комплексе экстракцию сахара из свекловичной стружки и последующую очистку диффузионного сока известью и диоксидом углерода; применять дополнительные химические реагенты для повышения очистки диффузионного сока в диффузионном аппарате. Например, увеличения эффекта очистки диффузионного сока можно добиться при использовании коагулянтов – солей алюминия в количестве 0,02–0,03 % к массе свеклы (сульфата алюминия и основного сульфата алюминия).

В результате применения дополнительного коагулянта улучшаются технологические показатели сока. При переработке

кондиционной свеклы чистота очищенного сока повышается примерно на 0,74 ед., а цветность снижается на 35–40 %. При переработке некондиционной свеклы (если до 10 % корнеплодов поражены кагатной гнилью или слизистым бактериозом) чистота очищенного сока повышается на 1,3–1,5 ед., а цветность снижается на 50–60 %; использовать природные сорбенты в качестве заменителей физически активной извести. Можно использовать для очистки диффузионного сока перлит, который предназначен для повышения очистки диффузионного сока.

Непосредственно перед преддефекацией в диффузионный сок вводят фильтровальный порошок перлита (0,04–0,06 % к массе сока) для уменьшения влияния части несхаров, переходящих из осадка в сок. Контакт порошка с соком длится 1,0–1,5 мин. Затем смесь диффузионного сока с перлитом направляется на преддефекацию, температурный режим которой поддерживается в интервале 50–55 °С, после чего очистка осуществляется по традиционной схеме. Использование перлита позволяет полнее удалять несакара на всех стадиях очистки, способствует улучшению седиментационных показателей сока I сатурации. При этом скорость отстаивания увеличивается на 10–14 %. Содержание кальциевых солей снижается на 6–8 %, цветность сока II сатурации и сиропа – на 12–14 %.

Кроме этого повышается выход белого сахара примерно на 0,26–0,33 % к массе свеклы; организовать очистку диффузионного сока таким образом, чтобы израсходованная известь использовалась только на удаление несакаров, которые перешли из клеточного сока, а также образующихся на основной дефекации и повышающих термостойкость сока; создать условия, препятствующие попаданию в диффузионный и очищенный соки технологически не предусмотренных дополнительных несакаров, так как для их удаления потребуются дополнительная известь.

Переход пектиновых веществ при экстрагировании сахарозы из свекловичной стружки в диффузионный сок значительно затрудняет дальнейшую очистку сока, снижает качественные показатели очищенных продуктов, выход и качество сахара. Поэтому одним из важнейших требований к технологическому режиму является экстрагирование при условии наименьшего гидролиза протопектина и перехода пектиновых веществ в диффузионный сок. Накопление коллоидно - диспергированных несахаров в диффузионном соке способствует ухудшению адсорбционно-химических процессов при очистке сока и может быть причиной снижения чистоты очищенного сока на несколько единиц.

Вещества коллоидной дисперсности (ВКД) диффузионного сока и продукты их щелочного распада являются причиной существенного увеличения цветности сока в процессе основной дефекации и образования растворимых солей кальция. Пектиновые вещества, входящие в состав ВКД, образуют с аминокислотами и продуктами распада белков – пептидами – интенсивно окрашенные соединения типа меланоидинов и могут служить источником дальнейшего усиления интенсивности окраски соков и продуктов при выпаривании сока и кристаллизации утфелей. Скорость реакции образования веществ типа меланоидинов при температуре 40–60 °С замедлена и не приводит к существенному нарастанию цветности сока. Из диффузионного сока должна быть по возможности удалена мезга. В противном случае она будет поступать на известково-углекислотную очистку, где в условиях высокой щелочности при повышенной температуре будет разлагаться с образованием несахаров, которые снижают чистоту сока, повышают его цветность, увеличивают содержание солей кальция, ухудшают фильтрацию, замедляют процессы выпаривания и кристаллизации. Тщательное удаление мезги из диффузионного сока позволяет повысить чистоту очищенного сока

на 0,2–0,5 %, снизить его цветность на 20 %. Считается, что содержание мезги в диффузионном соке, поступающем на известково-углекислотную очистку, не должно превышать 20 мг/л сока. Инфицированность сокоотружечной смеси микроорганизмами способствует повышению в диффузионном соке продуктов жизнедеятельности микроорганизмов и расщепления углеводов, белков и т. д. (органических кислот, редуцирующих веществ). Очистка такого диффузионного сока связана со значительными трудностями.

Даже при правильном проведении процесса очистки можно получить очищенный сок с ухудшенными фильтрационно-седиментационными свойствами, повышенной цветностью и содержанием солей кальция. Вещества коллоидной дисперсности диффузионного сока еще недостаточно изучены, а литературные данные неполны и противоречивы. Однако большинство ВКД диффузионного сока представляют собой органические соединения, состоящие из полимеров с длинными молекулярными цепями.

Главные представители этой группы – белки и пектиновые вещества. Природа связей между молекулами в каждом агрегате или коагуляте еще окончательно не выяснена. Иногда в агрегацию включены только ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Но чаще, по-видимому, молекулы соединены друг с другом водородными связями между карбоксильными группами и аминогруппами соседних полипептидных цепей.

Указанные группы освобождаются вследствие конформационных изменений вторичной структуры и становятся доступными для межмолекулярных реакций. Кроме этих более или менее идентифицированных ВКД диффузионный сок, обработанный известью, содержит малоисследованные продукты распада инвертного сахара и конденсации его с аминокислотами. Несмотря на малое их количество, они играют значительную роль в технологии получения

сахара, поскольку отличаются интенсивной окраской. Большинство из них обладает свойствами ВКД. Некоторые авторы предлагают качество диффузионного сока оценивать по содержанию в нем высокомолекулярных соединений. В связи с этим особое внимание при физико-химической очистке диффузионного сока уделяется их удалению.

3. Схема очистки диффузионного сока

При очистке диффузионного сока используется обработка раствора следующими реагентами:

- гидроксидом кальция (дефекация),
- диоксидом углерода (сатурация),
- оксидом серы (сульфитация).

Наиболее распространена четырехстадийная технология очистки диффузионного сока: холодная прогрессивная преддефекация, комбинированная холодно-горячая дефекация, I сатурация и дополнительная горячая дефекация, II сатурация. Оптимальные условия очистки диффузионного сока следующие:

- температура, °С: преддефекация — 55–60; холодная ступень дефекации — 55–60; горячая ступень дефекации — 85; I сатурация — 85; II сатурация — не ниже 94;
- продолжительность, мин: преддефекация — 20; холодная ступень дефекации — 20; горячая ступень дефекации — 10; I сатурация — 15; дефекация перед II сатурацией — 3; II сатурация — 12.

В процессе очистки диффузионного сока необходимо достичь максимального удаления из раствора карбонилсодержащих, высокомолекулярных соединений, дикарбоновых кислот и окрашенных веществ.

При обработке диффузионного сока гидроксидом кальция происходят химические реакции с различными группами веществ. Гидролиз (омыление) сложных эфиров протекает по тетраэдрическому механизму. В результате реакции происходит деэтерификация пектиновых веществ и расщепление жиров (ацилглицеринов). Образующиеся карбоксилсодержащие соединения после взаимодействия с гидроксидом кальция переходят большей частью в нерастворимые кальциевые соли. Полипептиды, имеющие свободные

карбонильные группы, также будут образовывать малорастворимые кальциевые соли с участием карбоксильных групп двух макромолекул. Малорастворимые соединения с гидроксидом кальция дают и низкомолекулярные дикарбоновые кислоты (щавелевая, лимонная и др.).

Гидролитический распад сахарозы в щелочной среде в условиях дефекации протекает с относительно невысокой скоростью. Механизм процесса изучен недостаточно; можно предположить, что реакция осуществляется посредством нуклеофильной атаки гидроксид-аниона, образующегося у третьего углеродного атома ангидрофруктозного остатка, по электронодефицитному атому углерода, участвующего в образовании гликозидной связи.

Превращения моносахаридов в щелочной среде осуществляются через ряд параллельно-последовательных стадий. Фруктоза в условиях обработки проявляет большую реакционную способность, что можно объяснить относительно высокой концентрацией карбонилсодержащей формы в растворе.

Реакции ионного обмена происходят за счет того, что в диффузионном соке присутствуют в небольших количествах ионы поливалентных металлов (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Al^{3+} и др.), взаимодействие которых с гидроксид-анионами приводит к образованию малорастворимых гидроксидов. Протекающие при обработке диффузионного сока гидроксидом кальция реакции приводят к образованию как малорастворимых соединений (кальциевые соли пектиновых высших жирных, дикарбоновых кислот, карбоксилсодержащих полипептидов), так и хорошо растворимых соединений (гидрокси-, аминокислоты).

Промежуточное положение по растворимости занимают продукты нуклеофильного присоединения к карбонильным группам (альдоли, имины и продукты их превращений), поскольку присутствие

в них полярных групп придает им достаточное сродство к воде, несмотря на увеличение молекулярной массы, снижающее их растворимость. При проведении отдельных стадий дефекации для минимизации нежелательных реакций (гидролиз сахарозы, реакции альдольной конденсации) используют относительно мягкий температурный режим (менее 90 °С) и невысокий расход гидроксида кальция.

Обработка диффузионного сока диоксидом углерода осуществляется после проведения обработки раствора гидроксидом кальция для удаления избытка щелочного реагента в виде малорастворимого карбоната кальция. Поскольку при избытке диоксида углерода будет происходить образование более растворимого гидрокарбоната кальция, необходим контроль расхода диоксида углерода. Образовавшийся карбонат кальция имеет высокую сорбирующую способность по отношению к полярным соединениям и способствует выведению из раствора высокомолекулярных, в том числе и окрашенных, примесей.

Обработка диффузионного сока диоксидом серы проводится как заключительная стадия очистки раствора. Целью обработки является снижение реакционной способности остаточных карбонилсодержащих соединений для предотвращения нежелательных реакций конденсации в процессе выпаривания воды из растворов. Это достигается взаимодействием карбонильных групп с гидросульфит-ионом, приводящим к образованию бисульфитных производных.

Таким образом, в результате очистки происходят следующие изменения в составе диффузионного сока:

- 1) пектиновые вещества (в виде кальциевых солей), белки, высшие жирные и дикарбоновые кислоты (в виде кальциевых солей), гидроксиды поливалентных металлов удаляются в виде осадка;

2) основная часть редуцирующих веществ, реакции которых при выпаривании сока являются главной причиной затруднений при получении продукта требуемой степени чистоты, превращаются в гидроксикислоты, остающиеся при выделении сахарозы методом кристаллизации в растворе;

3) значительная часть красящих веществ удаляется за счет адсорбции карбонатом кальция;

4) рН раствора устанавливается в диапазоне 8–9, при котором распад сахарозы происходит с минимальной скоростью.

После отделения мезги диффузионный сок смешивается с небольшим количеством известкового молока (0,2–0,3 масс. % СаО от массы свеклы) и суспензией сока II или I сатурации в таком соотношении, чтобы получить оптимальный для коагуляции высокомолекулярных соединений (ВМС) и коллоидных веществ рН раствора (10,8–11,4).

Одновременно в процессе преддефекации происходит также нейтрализация некоторых кислот. Для очистки диффузионного сока важное значение имеет растворимость гидроксида кальция, которая зависит от концентрации в растворе сахарозы

Различают оптимальную (одноразовое введение необходимого количества извести при 85–88 °С) и прогрессивную (постепенное введение извести в раствор) виды преддефекации. Преддефекация может осуществляться в различных температурных режимах: менее 50 °С (холодная преддефекация), 50–60 °С (теплая преддефекация), 85–90 °С (горячая преддефекация).

Обычно применяют прогрессивную холодную или теплую (40–60 °С) преддефекацию, в ходе которой рН диффузионного сока повышается постепенно, что создает оптимальные условия для коагуляции и осаждения различных групп нес сахаров. В соответствии с технологической схемой диффузионный сок поступает в

преддефектор, где прогрессивно (с медленным увеличением рН) смешивается с известковым молоком. Преддефектор представляет собой горизонтальный секционированный аппарат, снабженный перемешивающим устройством, в котором движение сока и известкового молока осуществляется противоточно. Наиболее полное осаждение несахаров, происходящее с образованием плотного осадка, устойчивого к пептизации на дальнейших стадиях процесса, достигается за относительно короткое время (7–10 мин) при температуре около 60 °С. Для стимулирования коагуляции при определенном рН, вычисляемом по уравнению: $pH = 0,19 \text{ Чд.с} - 6,67$, где Чд.с — чистота диффузионного сока, в качестве центров коагуляции вводят сгущенную суспензию I или II сатурации.

Для повышения степени осаждения несахаров целесообразно суспензию осадка II сатурации подвергать дополнительной сатурации до достижения $pH = 7,5, 8,0$. Коагуляция и осаждение коллоидных веществ вызываются дегидратирующим действием вводимых и образующихся ионов, а также образованием малорастворимых солей кальция с карбоксилсодержащими группами ВМС. Вспенивание раствора в преддефекторе подавляют, добавляя в сок растительные масла или отходы их производства в виде эмульсии. Основная дефекация Основную дефекацию проводят сразу после преддефекации без промежуточного фильтрования. Различают холодную (ниже 50 °С), теплую (50–60 °С) и горячую (85–90 °С) основную дефекацию. Главной задачей основной дефекации является разложение редуцирующих веществ, жиров, амидов кислот, доосаждение кислот, а также создание избытка извести, необходимой для получения достаточного количества CaCO_3 на I сатурации.

Редуцирующие сахара (моносахариды) разрушаются в щелочной среде достаточно быстро, образуя органические кислоты. Глубина

разложения редуцирующих веществ (РВ) зависит от температуры и продолжительности процесса.

Положительное влияние на очистку оказывает пропускание в ходе дефекации воздуха, который, помимо увеличения выхода кислот за счет окисления несахаров кислородом, обеспечивает перемешивание реакционной смеси. Пропускание воздуха также способствует удалению образующегося из аммонийных солей при повышении рН раствора аммиака, присутствие которого повышает цветность сока за счет реакций с карбонилсодержащими соединениями. На стадии дефекации расходуется примерно 2/3 от массы извести, используемой при очистке диффузионного сока. Общий расход основания, определяемый по содержанию растворимых несахаров, составляет 90–110 масс. % от их массы. Для достижения достаточно полного разложения несахаров без существенного ухудшения качества сока основную дефекацию проводят в две ступени:

- 1) холодная или теплая дефекация (20 мин),
- 2) горячая дефекация (10 мин).

Комбинированную холодно-горячую дефекацию обычно применяют при переработке свеклы пониженного качества. При переработке сока хорошего качества можно проводить только горячую дефекацию в течение 10–15 мин. Из преддефекатора сок самотеком переливается в аппарат холодной основной дефекации, снабженный перемешивающимся устройством, где смешивается с известковым молоком до рН = 12,2, 12,4 (1–2 масс. % СаО от массы свеклы), выдерживается в нем некоторое время, а затем нагревается до 85–90 °С и подвергается горячей дефекации.

Горячую дефекацию проводят в вертикальном аппарате без перемешивания при прямоточном вытеснении сока из дефекатора. I сатурация дефекованного сока Дефекованный сок, содержащий коагулят (осадок несахаров) и гидроксид кальция в растворенном и

нерастворенном состоянии, направляют на I сатурацию, заключающуюся в обработке смеси сатурационным газом, содержащим 28–36 об. % CO_2 . Щелочность сока, выраженная в процентах CaO , составляет после дефекации 1,0–1,8 %. Для предотвращения растворения осажденных на преддефекации несахаров (пептизации) подкисление не доводят до конца; I сатурацию прекращают по достижении щелочности 0,08–0,14 % CaO ($\text{pH} = 10,8, 11,6$). При снижении pH сок будет иметь более сильную окраску.

Процесс сатурации проводят в сатураторе, снабженном газораспределительными трубами, обеспечивающими интенсивное смешивание газовой и жидкой фаз, в результате чего получается мелкокристаллический осадок, обладающий хорошими адсорбционными свойствами. Оптимальной температурой на I сатурации считают 83–87 °С; при хорошо проведенной преддефекации, обеспечившей осаждение белковых, пектиновых и других веществ, температуру можно снижать до 70–75 °С.

Полученная после I сатурации суспензия содержит 4–5 % взвешенных частиц, которые отделяют либо в отстойниках с добавлением 0,0015–0,005 % флокулянта (полиакриламида, активированного тринатрийфосфатом), либо на фильтрах-сгустителях, получая в результате фильтрованный сок и сгущенную суспензию. Сгущенную суспензию сока I сатурации фильтруют в камерных вакуум-фильтрах, получая фильтрат, возвращаемый в нефильтрованный сок I сатурации, и фильтрационный осадок с влажностью около 50 %, содержащий 75–80 % карбоната кальция, 20–25 % несахаров и менее 1 % сахарозы. При расходе 3 кг CaO на 100 кг свеклы количество влажного осадка равно 12–13 кг и потери сахарозы составляют 0,12 масс. % от массы свеклы.

Фильтрационный осадок рекомендуется использовать для нейтрализации кислых почв и в качестве добавки к кормам для

животных и птиц. После разбавления водой осадок применяют также для ускорения седиментации при осветлении транспортно-мочных вод. II сатурация фильтрованного сока Целью II сатурации является осаждение ионов кальция, присутствующих большей частью в виде растворимых солей органических кислот, и замена гидроксид-ионов на карбонат-анионы. Скорость образования карбоната кальция зависит от концентрации ионов, и, в случае низкой концентрации карбонат-анионов, определяемой концентрацией катионов щелочных металлов, в раствор добавляют карбонат натрия. Рекомендуется также добавлять фосфат натрия, взаимодействие с которым ионов кальция происходит достаточно быстро и приводит к образованию малорастворимого фосфата кальция.

Для повышения качества сока к нему перед II сатурацией добавляют известь в количестве 0,2–0,6 % СаО, что способствует не только дополнительному разложению несахаров, но и увеличению адсорбционной поверхности образующегося при сатурации карбоната кальция. К фильтрованному соку I сатурации добавляют известковое молоко (0,2– 0,5 масс. % СаО от массы свеклы), нагревают его до 92–95 °С, проводя дополнительную дефекацию, и подают на II сатурацию, где сатурируют в течение 7–11 мин.

Расход диоксида углерода на II сатурацию определяется двумя факторами. С одной стороны его количество должно быть достаточным для полного осаждения ионов кальция в виде карбоната; с другой стороны избыток СО₂ нежелателен, т. к. это приведет к образованию более растворимого гидрокарбоната кальция. Поэтому на II сатурации сок сатурируют до оптимальной щелочности, при которой в нем остается минимальное количество солей кальция, составляющее примерно 0,02– 0,03 % СаО (рН = 9,9,5). Процесс рекомендуется проводить при 85–97 °С в течение 7–11 мин. Для более полного удаления солей кальция из раствора в сок после сатуратора

рекомендуется вводить флокулянт и подвергать его «дозреванию» в течение 10–15 мин при интенсивном перемешивании. После сатурации смесь фильтруют и фильтрат направляют на сульфитацию, а сгущенную суспензию — на преддефекацию.

В результате известково-углекислотной очистки диффузионного сока степень удаления несахаров на отдельных ступенях процесса составляет, %: на преддефекации — 21–27, основной дефекации — 3–5, I сатурации — 8–9, II сатурации — 3–4, а суммарный эффект очистки колеблется в пределах 35–40 % .

Характеристика диффузионного сока до и после очистки приведена в таблице 3.

Таблица 3. Примерный состав диффузионного сока и сока II сатурации.

Показатель	Диффузионный сок	Сок II сатурации
Содержание, %:		
СВ	13,7	13,3
сахарозы	12,05	12,2
Чистота, %	87,96	91,73
Содержание:		
несахаров, масс. % от массы сока	1,64	1,18
несахаров, г/1 г воды в соке	0,019	0,0125

На ряде предприятий применяют более простую схему очистки диффузионного сока, которая включает горячую оптимальную преддефекацию — диффузионный сок нагревают до 85–90 °С и в него вводят сразу всю известь, необходимую для достижения оптимального рН. При этом на преддефекацию возвращают или часть сока, или суспензию I сатурации. Далее проводят горячую основную дефекацию,

а дополнительную дефекацию не проводят. При переработке свеклы хорошего качества эта схема обеспечивает достаточно высокий эффект очистки.

В соответствии с технологической схемой сульфитации подвергается фильтрованный сок II сатурации, смесь сиропа с клеровкой и вода, подаваемая на диффузию.

Цветность сока II сатурации после сульфитации снижается на 15–30 %, однако при повышении рН происходит частичное восстановление цветности и действительное обесцвечивание сока не превышает 10 %.

Сульфитацию проводят в оросительном сульфитаторе, разбрызгивая раствор с использованием сокораспределительной тарелки в верхней части аппарата и пропуская противотоком сульфитационный газ. Эффективность использования диоксида серы при сульфитации сока и воды составляет 93–95 %. Отработанный газ освобождается в сепараторе от капель и удаляется в атмосферу. Насыщенный диоксидом серы сок выводится через гидравлический затвор и направляется на сгущение. Сульфитацию сока проводят до рН = 8,8, 9,2, сиропа — до рН = 8,0, 8,5, питающей воды — до рН = 5,5, 6,0; общий расход серы на сульфитацию сока, сиропа с клеровкой и воды составляет 30–40 кг/100 т свеклы. Для сульфитации сахарных растворов иногда применяют жидкий диоксид серы, который в этом случае утилизируется почти полностью. Сульфитированный сок нагревают до 126–129 °С и сгущают выпариванием в многокорпусной выпарной установке до 60–65 % СВ. Из последнего корпуса выпарной установки сироп насосом подают в сульфитатор, куда поступает также раствор, приготовленный растворением в очищенном соке сахаров II и III стадий кристаллизации (клеровка).

Смесь сиропа с клеровкой, часто называемую общим сиропом, сульфитируют до $\text{pH} = 7,8,8,2$, нагревают, фильтруют и используют для уваривания утфеля I стадии кристаллизации.

Сгущение (концентрирование) сока проводят в два этапа: вначале его выпаривают в выпарной установке, а затем — в вакуум-аппарате. Всего из очищенного сока удаляется 110–115 % воды в расчете на массу свеклы. Разделение процесса концентрирования раствора на два этапа обусловлено тем, что на первом этапе, когда вязкость сока еще невысокая, сгущение проводят в многокорпусной выпарной установке. Это дает возможность за счет многократного использования греющего пара снижать затраты энергии.

Кроме того, часть несахаров при сгущении сока выпариванием выпадает в осадок, увеличивается цветность раствора и концентрация редуцирующих веществ, что вызывает необходимость сульфитировать и фильтровать сироп перед его увариванием. А это возможно лишь при концентрации СВ в сиропе не более 65 %, когда сироп обладает еще достаточной текучестью.

Заключение

Современный сахарный завод характеризуется сложностью и разнообразием химико-технологических процессов и их аппаратного оформления. В условиях дефицита свекловичного сырья для действующих сахарных заводов главным средством повышения эффективности производства является, прежде всего, интенсификация и оптимизация технологических процессов, чтобы обеспечить максимально возможные выходы сахарозы из свёклы (коэффициенты завода и производства) при рациональных расходах извести и других материалов. Обеспечить выпуск сахара стандартного качества с высоким выходом можно, внедряя на заводе прогрессивные технологические процессы и дополнительные химические материалы, применяя эффективное оборудование для этих процессов при оперативном определении и поддержании оптимальных технологических параметров обработки полупродуктов на верстате сахарного завода.

Таким образом, дальнейшее развитие сахарной промышленности России будет определяться ускоренным развитием сырьевой базы и созданием новых и усовершенствованием существующих технологических процессов и их аппаратного оформления.

Результативность технологии свеклосахарного производства зависит от эффективности технологического процесса экстракции сахарозы из свекловичной стружки и, особенно, очистки полученного диффузионного сока гидроксидом кальция и диоксидом углерода. Реализуемая в сахарной промышленности типовая тѐпло-горячая схема очистки диффузионного сока дала хорошие результаты, однако при этом были выявлены серьёзные недостатки: низкая эффективность очистки в непрерывнодействующих односекционных аппаратах, не обеспечивающих постепенной обработки соков; существенное

ухудшение качества очищенного сока в результате нестойкости (растворения) преддефекационного осадка в сильно щелочной среде и при высокой температуре горячей ступени комбинированной дефекации при переработке преобладающего количества сырья среднего и низкого качества, что приводит к высоким расходам извести; отсутствие в типовой схеме технологического процесса адсорбционной очистки сиропа, особенно при переработке свёклы низкого качества, приводит к тому, что из термически неустойчивого сока и сиропа с высокой цветностью и содержанием солей кальция невозможно вырабатывать непосредственно высококачественный белый сахар без дополнительной очистки сиропа.

Для дальнейшего усовершенствования типовой схемы очистки диффузионного сока необходимо:

- внедрять эффективные способы с максимальными локальными степенями удаления несахаров в отдельных технологических процессах, модернизацией существующих и созданием новых интенсивных вариантов аппаратного оформления технологических процессов очистки с переходом к постепенной (ступенчатой) обработке соков в секционированных реакторах, обеспечивая при этом нормальные показатели соков при переработке свёклы разного качества;

- внедрять прогрессивные технологии очистки диффузионного сока с отделением преддефекационного осадка до основной дефекации наряду с разработанной упрощенной технологией с одной адсорбционной сатурацией;

- снижать расход извести на очистку диффузионного сока до рационального минимума, при котором ещё не наблюдается существенного ухудшения качественных и седиментационно-фильтрационных показателей соков;

- использовать относительно дешёвые нетрадиционные реагенты и природные сорбенты (как заменители химически и физически активной извести) для дополнительной очистки соков и сиропа;
- внедрять объективные методы технологической оптимизации отдельных процессов очистки диффузионного сока по принципу максимального удаления наиболее важных групп несахаров.

Список использованной литературы

1. Очистка диффузионного сока в сахарном производстве / З. В. Ловкис [и др.] ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 232 с.38

2.http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/06_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshche_stv_chast_II/5353

3. <http://www.findpatent.ru/patent/232/2326948.html>

4. <http://www.findpatent.ru/patent/221/2215041.html>

5. <http://www.findpatent.ru/patent/224/2244752.html>

6.http://magazine.stroika-life.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=52&catid=14&Itemid=105

Приложение



Рис. 1. Схема производства сахара.

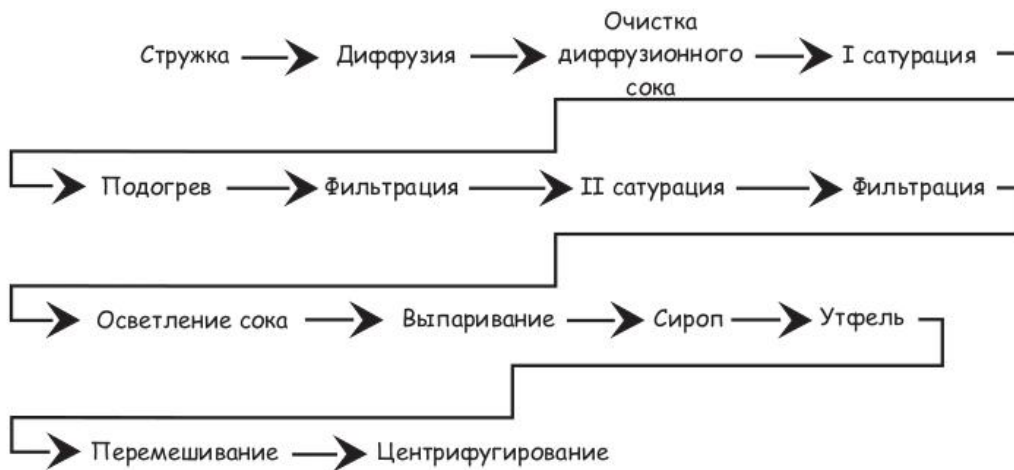


Рис. 2. Схема фрагмента сахарного производства.