

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

М.М. Гафин

Ю.Р.Гирфанова

«ТЕХНОЛОГИЯ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

краткий курс лекций



Димитровград - 2021

УДК 629

ББК 39.3

М.М. Гафин Технология свеклосахарного производства: краткий курс лекций / Ю.Р.Гирфанова -Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2021.- 71с.

Рецензенты: Шигапов Ильяс Исхакович , доктор технических наук, доцент кафедры «Технология производства, переработки и экспертизы продукции АПК» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Технология свеклосахарного производства: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Утверждено

на заседании кафедры «Технология производства,
переработки и экспертизы продукции АПК»

Технологического института - филиала

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,

протокол № 10 от 11 мая 2021г.

Рекомендовано

к изданию методическим советом Технологического

института – филиала

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Протокол № 10 от 11 мая 2021г.

ГафинМ.М ., Гирфанова Ю.Р 2021

Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2021

ЛЕКЦИЯ №1
ПРОИСХОЖДЕНИЕ И БОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.

1. Биологические особенности сахарной свеклы

2. Особенности технологии возделывания сахарной свеклы

Сахарная свёкла - это двулетнее корнеплодное растение, возделывается в основном для получения сахара, но может также возделываться для корма животным.

Особенности биологии. Требования к теплу. Сахарная свекла умеренно теплолюбива. Минимальная температура почвы для прорастания семян 3...4°C, но всходы при этом появляются только на 25...28-й день, при температуре 6...7°C - на 10... 15-й, при 10... 11 °C - на 8... 10-й и при 15... 18 °C - на 6...7-й день.

В первые дни всходы сахарной свеклы очень чувствительны к заморозкам. В фазе «вилочки» заморозки -3...- 4 ° C могут уничтожить растения. С появлением первой пары листьев холодостойкость повышается и свекла может выдержать заморозки -4...-6 °C. Оптимальная температура для ассимиляции 20...23 °C. При температуре ниже 6...8 °C накопление сахара в корнеплодах прекращается. Для формирования репродуктивных почек на головках корнеплодов благоприятна температура 15...23 °C. Осенью вегетация свеклы прекращается с установлением температуры 2...4°C.

Маточные корнеплоды сахарной свеклы хорошо хранятся при температуре 3...4 °C (допустимый интервал 1...6 °C).

Отрастание розеточных листьев у семенников сахарной свеклы начинается при 2...3 °C. Наиболее благоприятные условия для роста розеточных листьев, стеблей и формирования репродуктивных органов складываются при температуре 15...20 °C.

Семенники в фазе розеточных листьев переносят снижение температуры до -4...- 6 °C. В период роста цветоносных побегов заморозки - 1...-2 °C могут привести к повреждению растений.

Требования к влаге. Сахарная свекла - растение относительно засухоустойчивое. Это связано с тем, что она формирует глубоко проникающую (до 2...3 м) корневую систему. Это помогает свекле использовать влагу почвы, накопленную за счет осадков осенне-зимнего периода. Сахарная свекла, особенно семенники, плохо переносит переувлажнение и близкий уровень грунтовых вод (ближе 1,5...2 м от поверхности почвы). Кроме того, свекла имеет продолжительный вегетационный период и может использовать летние осадки. В годы с повышенным количеством осадков урожай корнеплодов обычно бывают высокими, но сахаристость при этом снижается.

Наилучшее сочетание света, тепла, влаги и питательных веществ для свеклы создаются при теплой и влажной погоде в мае, нежаркой и влажной в июне и июле, при достаточном количестве осадков и солнечных дней в августе, теплой и умеренно влажной погоде в сентябре и октябре.

Сахарная свекла в разные периоды вегетации расходует одинаковое количество воды. Если вегетационный период (с 15 мая по 15 октября) разделить на три периода (по 50 дней), то соотношение расхода воды на испарение в каждом из них составит примерно 1:9:3. Недостаток влаги в любой из этих периодов отрицательно сказывается на урожайности свеклы. Однако больше всего снижается урожай корнеплодов и их сахаристость, когда растения подвергаются действию засухи в период интенсивного роста - в июле-августе.

На втором году жизни семенники хорошо развиваются и обеспечивают более высокую урожайность, если влажность почвы не опускается ниже ВРК (60% ГШВ). Наибольшую потребность в воде семенники сахарной свеклы испытывают в период от выбрасывания цветоносов до конца цветения, которое обычно начинается в середине июня и продолжается 20...40 дней.

Требования к свету. Сахарная свекла - растение длинного дня. При увеличении периода освещения растения быстрее развиваются, лучше растут листья и корнеплоды, возрастает накопление сахара в них. Затенение свеклы в загущенных посевах приводит к снижению темпов роста и накопления сахара.

Сахаристость свеклы сильно зависит от напряженности солнечной радиации во второй половине вегетационного периода. Наиболее интенсивно накопление

сахара в корнеплодах происходит, когда ясная солнечная погода чередуется с облачной.

Требования к почве. Сахарная свекла предъявляет высокие требования к плодородию почвы, ее физическому состоянию, обеспеченности макро- и микроэлементами. Лучше всего свекла растет на черноземах, серых и темно-серых лесных суглинистых почвах, богатых перегноем. Вполне пригодны для нее почвы низин и пойм. Хорошие урожаи получают также при возделывании на богатых органическим веществом и хорошо обрабатываемых луговых и лугово-болотных, удобренных и обеспеченных влагой темно-каштановых, глубоко обрабатываемых плодородных дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны. Для свеклы наиболее благоприятна нейтральная и слабощелочная реакция почвенного раствора. На кислых почвах без предварительной их нейтрализации свекла дает невысокие урожаи. Сахарная свекла может приспособливаться к слабозасоленным почвам. Нельзя размещать свеклу на тяжелых глинистых, заболоченных, бедных песчаных и каменистых почвах.

Сахарная свекла предъявляет высокие требования к аэрации почвы. Более благоприятные условия для ее роста складываются при следующих показателях плотности почвы: черноземов - 1,0...1,2 г/см³, каштановых и серых лесных - 1,2...1,3, дерново-подзолистых - 1,2...1,4 г/см³.

ЛЕКЦИЯ №2

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ

Особенности роста и развития. Выделяют следующие восемь фаз роста и развития растения сахарной свеклы первого года жизни: прорастание семян, «вилочка», 1-я пара листьев, 2...3-я пара листьев, 7-й лист, смыкание листьев в рядах, смыкание листьев в междурядьях и наступление технической спелости.

При прорастании семян сначала трогаются в рост зародышевый корешок и подсемядольное колено. Две семядоли при выходе на поверхность зеленеют и выполняют функции листьев (фаза «вилочки»). Через 6...8 дней после всходов образуется 1-я пара настоящих листьев, за ней появляются 2...3-я пары. На этом этапе органогенеза происходит смена анатомических структур, или линька корня. В дальнейшем листья разворачиваются уже по одному. Вначале они появляются через каждые 2...3 дня, а в середине вегетации - через 1...2 дня. В конце вегетации появление листьев замедляется. В первый год жизни растения свеклы образуют 60...90 листьев, которые остаются деятельными в течение 60...70 дней. Наиболее продуктивны листья среднего яруса (с 10-го по 25-й). Продолжительность активной деятельности каждого листа около 25 дней. Ко

времени уборки чистая продуктивность фотосинтеза снижается, масса листьев уменьшается. Оптимальная площадь листьев на 1 га свекловичной плантации составляет 40...50 тыс. м².

В первый год жизни сахарной свеклы (по И. А. Стебуту и Д. Н. Прянишникову) можно выделить три периода. В первый период растения энергично образуют листья и корневую систему, рост корнеплода в толщину отстает от роста листьев (май-июнь)

Во второй период наблюдается усиленное разрастание корнеплода и листьев (июль-август). Для третьего периода характерны замедленный прирост листьев, интенсивное накопление сухого вещества (сентябрь-октябрь).

В первый год жизни на головке корнеплода в пазухе каждого листа закладываются спящие почки, для развития которых необходимы пониженные температуры - от 0 до 8 °С. Верхушечные почки, образованные осенью, развиваются при более благоприятных условиях. Качественные изменения для перехода к цветению и плодоношению у почек заканчиваются осенью или весной следующего года, после высадки корнеплодов образуются цветоносы, на которых развиваются цветки и семена. Иногда у части растений сахарной свеклы наблюдаются отклонения от нормального двухгодичного цикла развития - от посева семян до сбора урожая семян. В этом случае у отдельных растений полный цикл развития спящих почек и образование цветоносных побегов происходят в первый год жизни, это явление называется цветущностью. Причины цветущности - ранний посев в холодную затяжную весну и длинный световой день. Цветущие корнеплоды малосахаристые и грубые, при хранении сильнее поражаются кагатной гнилью.

Некоторые из корнеплодов, высаженных на второй год для семенных целей, наоборот, не дают цветоносных побегов и продолжают образовывать лишь розетку листьев. Такие растения называют «упрямцами». Они появляются под воздействием повышенных температур во время ранней уборки, вследствие осеннего и весеннего подсыхания маточных корнеплодов, повышенной температуры при хранении. «Упрямы» начинают плодоносить на третий год.

Наличие «упрямцев» среди высадков-семенников значительно снижает урожай семян.

У сахарной свеклы различают ботаническую, биологическую и техническую спелость.

Ботаническая спелость наступает, когда созревают семена. При нормальном росте и развитии растений это обычно происходит в конце второго года жизни.

Биологическая спелость сахарной свеклы первого года жизни связана с затуханием жизненных процессов растения к концу вегетационного периода.

Это происходит в результате изменений условий внешней среды: похолодания, сокращения светового дня, снижения интенсивности ФАР и др. Для биологической спелости характерны отмирание старых листьев, медленное нарастание массы корнеплодов и накопление сахара в них, повышение доброкачественности сока, уменьшение содержания воды и золы в корнеплодах.

Техническая спелость сахарной свеклы характеризуется наибольшей массой корнеплода и максимальным содержанием сахара при минимальном среднесуточном приросте массы и сахаристости корнеплода. К моменту технической спелости возрастает отношение массы корнеплода к массе листьев до 3 : 1. Перед ее наступлением рядки свеклы размыкаются, листья становятся светло-зелеными, частично желтеют и отмирают.

Длительность вегетационного периода свеклы первого года жизни составляет 150... 170 дней в зависимости от условий выращивания.

Для получения семян свеклы корнеплоды, выращенные в первый год жизни, выкапывают, сохраняют в течение зимы и высаживают весной в грунт. Из прорастающих почек головки развиваются облиственные ребристые цветоносные побеги, достигающие высоты 1,0...1,5 м. Соцветие - мутовчатая колосовидная кисть. Цветки формируются в верхней части цветоносов, в пазухах прицветников, группами по 3...4 и более у многосемянных сортов или одиночно у односемянных сортов (гибридов). Цветки обоеполые, пятерного типа. Опыление перекрестное при помощи ветра (анемофильное) и отчасти насекомых. Плод - орешек.

У некоторых биотипов свеклы при нормальном развитии женских органов отмечается недоразвитие мужских (пыльники не содержат пыльцы). В этом случае растения проявляют цитоплазматическую стерильность (ЦМС). Эту особенность используют в селекционной работе для получения высокопродуктивных гибридов.

При созревании плоды желтеют и у многосемянной свеклы срстаются в соплодия (клубочки), состоящие из 2...6 орешков, а у односемянной свеклы клубочек состоит из одного орешка. Масса 1000 соплодий многосемянной свеклы 20...50 г, а односемянной - около 20 г. Семя, лежащее в плоде, имеет бурую блестящую оболочку и составляет 25...30 % массы клубочка. Семя состоит из оболочки и зародыша, который имеет две семядоли, почечку между ними, подсемядольное колено, зародышевый корешок и перисперм с запасами питательных веществ.

Продолжительность периода вегетации сахарной свеклы второго года жизни составляет 100... 130 дней.

ЛЕКЦИЯ №3

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ

Программирование урожайности начинается с обоснования величины возможного урожая, на которой необходимо ориентироваться. Урожай формируется в процессе фотосинтеза. Уровень урожайности зависит от биологических свойств культуры или сорта, количества прихода ФАР, количества элементов питания в почве, уровня агротехники и метеорологических условий. Известно, что 90-95 % сухой биомассы растений составляют органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза.

При расчете потенциальной урожайности по приходу фотосинтетически активной радиации пользуются формулой А.А. Ничипоровича:

$$\text{Убиол} = \frac{EQ_{\text{фар}} * K}{10^5 * g} \text{ где,}$$

Убиол – биологическая урожайность абсолютно сухой растительной массы, т/га.

$EQ_{\text{фар}}$ – количество приходящей ФАР за период вегетации культуры в данной зоне, млрд. ккал/га.

K – запланированный коэффициент использования ФАР, %.

Q – количество энергии, выделяемой сжиганием 1 кг. Сухого вещества биомассы, ккал/кг.

105 – для перевода в тонны.

$$\text{Убиол} = \frac{2.5 * 10^9 * 2}{4480 * 10^5} = 11.2$$

Посевы культуры в зависимости от коэффициента использования ФАР можно условно подразделить на следующие группы:

1. Обычно наблюдается 0,15-1,5 %
2. Хорошие 1,5-3 %
3. Рекордное 3,5-5 %
4. Теоретически возможные 6-8 %

Для перевода от урожая абсолютно сухой биомассы рассчитанной по формуле 1 к урожаю основной продукции при стандартной влажности пользуются следующей формулой:

$$X = \frac{A}{100 - BC} * 100 \text{ где,}$$

X – урожай при стандартной влажности, т/га.

A – урожай абсолютного сухого вещества, т/га.

BC – стандартная влажность, %

$$X = \frac{11.2}{100 - 80} * 100 = 56$$

Соотношение основной продукции и побочной: 1:1,5:2

$$\frac{11.2}{1.4} = 8 \text{ т/га корнеплодов}$$

$$11,2-8= 3.2\text{т/га ботвы}$$

Прогнозирование урожайности по влагообеспеченности

Прогнозирование урожайности по влагообеспеченности посевов

рассчитывают по формуле:

$$y = \frac{100 \cdot W}{K} \text{ где,}$$

W – продуктивная влага, т /га

K – коэффициент водопотребления.

За вегетационный период выпадает 655 мм осадков, а непроизводительные расходы на сток и испарение с поверхности почвы составляет 30 %.

$$655-100 \%$$

$$X-30 \%$$

$$X = \frac{655 \cdot 30}{100} = 196,5 \text{ мм}$$

$$655-196,5= 458,5\text{мм}=4585 \text{ т/га}$$

$$\frac{4585}{259} = 18.3 \text{ т}$$

Массу основной биомассы переводим на стандартную влажность по формуле:

$$X = \frac{A}{100 - BC} * 100$$

$$\frac{18.3}{100-80} = 91.5 \text{ т}$$

Соотношение основной продукции и побочной:

$$44-260-1.05= 12.1 \text{ т/га}$$

Прогнозирование урожайности покачественной оценки почвы

Расчет действительно возможной урожайности, можно вести по формуле:

$$ДВУ = Бп * ЦБп * K \text{ где,}$$

ДВУ – действительно возможная урожайность, т/га.

Бп – бонитет почвы, балл.

ЦБп – урожайная цена балла почвы, кг.

К –поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы.

.

$$ДВУ = \frac{(БпЦбп) + (ДНПК * ОНПК) + (Дорг * Оорг)}{100} \quad \text{где,}$$

ДВУ-действительно возможный урожай, ц/га

Бп- балл пашни

ДНПК- норма минеральных удобрений в д.в , кг/га

ОНПК- оплата минеральных удобрений урожаем, кг/га

(ДНПК*ОНПК)- возможная прибавка урожая за счет действия минеральных удобрений кг/га

Дорг- норма органических удобрений т/га

Оорг- оплата органических удобрений кг/т (Дорг*Оорг)- возможная прибавка урожайности за счет органических удобрений ,кг/т

100- коэффициент перевода ,ц/га

$$ДВУ = \frac{(44 * 260) + (130 * 260) + (60 * 90)}{100} = 506.4$$

$$Ув = \frac{БпЦбп * 100}{100 - Пуд}$$

Пуд- прибавка урожая от удобрений, %

$$Ув = \frac{44 * 260 * 100}{100 - 55} = 2,5 \text{ Т}$$

Лекция № 4

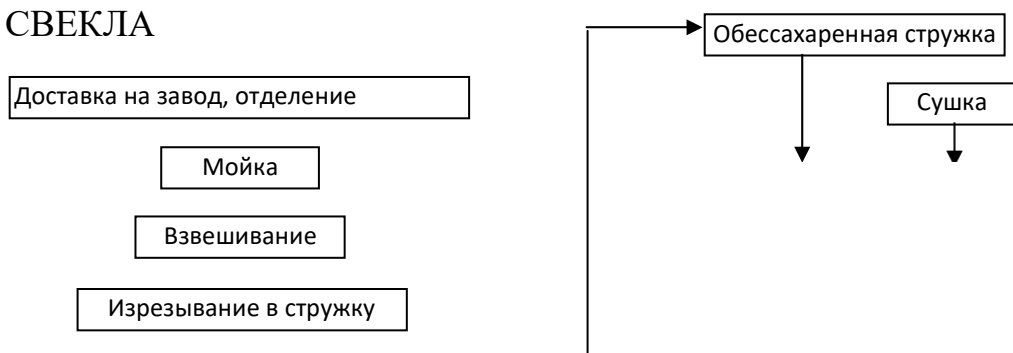
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ САХАРА

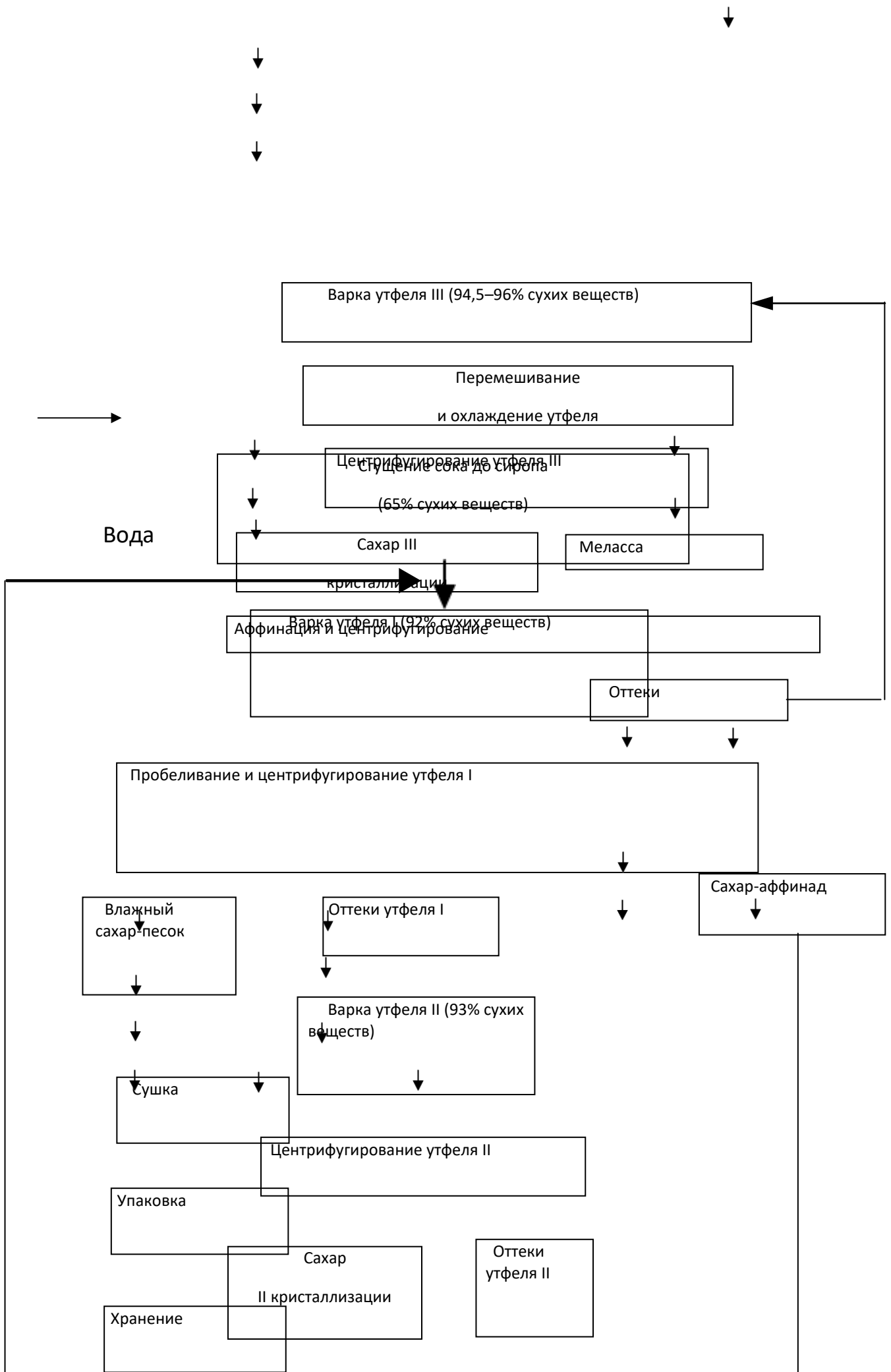
Технология сахара-песка.

Технология сахара-рафинада.

Сахарное производство – крупнейшая отрасль пищевой промышленности, объединяющая сахаропесочное (рис. 1) и сахарорафинадное производства.

СВЕКЛА





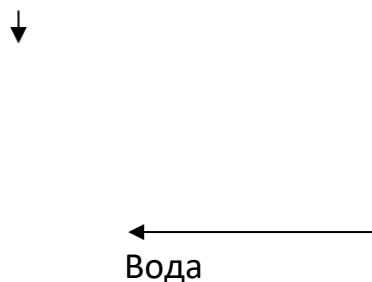


Рис. 1. Технологическая схема получения сахара-песка

Сырьем сахарного производства является свекла, которую хранят на специально подготовленных кагатных полях в трапецеидальных кучах, называемых кагатами.

В корнеплодах сахарной свеклы содержится 20–25% сухих веществ, которые в сахарном производстве условно делят на сахарозу и не сахара. Под несахарами понимают сухие вещества, включая редуцирующие и рафинозу, кроме сахарозы. Содержание сахарозы колеблется от 14 до 18%.

При закладке свеклы в кагаты определяют соответствие ее требованиям ГОСТ по физическому состоянию, спелости, общей загрязненности и т. д. В кагаты длительного хранения укладывают здоровые корнеплоды без механических повреждений с минимальным количеством примесей. Наружная ткань корнеплодов обладает естественным иммунитетом, препятствующим развитию микроорганизмов. При механическом повреждении корнеплодов и нарушении режимов их хранения фитопатологические потери могут достигать весьма значительных размеров. Поэтому поврежденную свеклу сразу направляют на переработку.

В процессе хранения свекла дышит. Дыхание может быть как аэробным, так и анаэробным. В том и другом случае на процесс дыхания расходуются сухие вещества свеклы (в основном сахар), причем при аэробном дыхании потери сухих веществ значительно ниже, поэтому следует проводить вентилирование кагатов, так как оно предохраняет корнеплоды от излишней потери сахара.

Оптимальная температура для хранения свеклы составляет 0-2°C. Повышение температуры способствует увеличению интенсивности дыхания корнеплодов, что нежелательно.

При каждом свеклосахарном заводе имеется специальное отделение (бурачная) для бесперебойного снабжения производства свеклой и создания 1–2-суточного запаса.

Доставка свеклы на завод и отделение примесей. Из бурачной на завод свеклу подают по гидравлическому транспортеру, по которому она движется под давлением воды. Свекла содержит 5–15% различных примесей (ботву, солому, песок, камни), которые ухудшают работу оборудования, могут вызвать его поломку, снижают качество диффузионного сока и выход сахара. Отделению примесей придается очень большое значение. Частичную мойку свекла проходит уже в гидравлическом транспортере. Для этой цели транспортер снабжается специальными устройствами: ботво, соломо, песко и камнеловушками. Однако окончательно свеклу моют в специальных моечных машинах. Лучшая эффективность отмывания свеклы достигается в струйных свекломойках.

Чистую свеклу поднимают ленточным транспортером или ковшовым элеватором в верхнее помещение завода, где проводят ее электромагнитную очистку и взвешивают.

Изрезывание свеклы в стружку. Сахарозу извлекают из свеклы диффузионным способом. Для этого свеклу измельчают в тонкую стружку разной формы: желобчатой, пластинчатой, ромбовидной – в зависимости от качества самой свеклы и типа диффузионных аппаратов.

Получение диффузионного сока. Получение диффузионного сока основано на явлении диффузии и подчиняется закону Фика, который устанавливает связь между количеством экстрагируемого вещества и основными параметрами процесса. Количество экстрагируемого вещества S определяется формулой

$$S = DF \frac{C - c}{\tau},$$

где D – коэффициент, зависящий от величины молекул диффундирующего вещества;

F – площадь слоя, м^2 ;

$C - c$ – разница концентраций, $\text{кг}/\text{м}^3$;

x – толщина слоя, м ;

τ – время диффузии, мин.

На практике все эти величины имеют естественные ограничения. Количество сока, извлекаемое из 100 кг стружки (откачка сока), составляет 115–125 кг.

Длительность обессахаривания и параметры самой стружки обуславливаются конструктивными особенностями используемых диффузионных аппаратов и составляют для ап- паратов непрерывного действия при использовании грубой стружки 70–80 мин. Температура, при которой идет диффузия, не должна превышать 75°C , так как при ее повышении стружка будет сильно развариваться и забивать ситовые поверхности.

Извлечение сахарозы из свекловичной стружки производится в непрерывно действующих диффузионных аппаратах, обеспечивающих максимальное извлечение сахарозы из стружки. Потери сахара составляют 0,25–0,3% к массе свеклы.

Очистка диффузионного сока. Полученный диффузионный сок содержит 15–16% сухих веществ, из них 14–15% сахарозы и около 2% несахаров. В число растворимых не- сахаров входят растворимые белки, аминокислоты, редуцирующие сахара, пектиновые вещества, слабые азотистые основания, соли органических и неорганических кислот, а также хлопья коагулированного белка и мезга. Сок имеет кислую реакцию (pH 6,0–6,5), очень темный, почти черный цвет, сильно пенится. Все несахара в той или иной степени задерживают кристаллизацию сахарозы, увеличивая потери сахара с мелассой. Чтобы избавиться от них, проводят очистку диффузионного сока известью (дефекацию) с последующим удалением ее избытка диоксидом углерода (сатурацию).

Дефекация диффузионного сока. Обработку диффузионного сока известью (дефекацию) проводят в два этапа: предварительная дефекация и основная

дефекация. На преддефекации к массе свеклы добавляют 0,2–0,3% СаО. При этом рН сока медленно повышается до 10,8–11,6. На основной дефекации добавляют 2,5–3% СаО к массе свеклы, и рН сока повышается до 12,2–12,3. Необходимость проведения дефекации в два этапа обусловлена тем, что небольшое количество извести оказывает коагулирующее действие на ряд веществ коллоидной дисперсности, содержащихся в соке. Преддефекация, проводимая при оптимальном рН, обеспечивает выведение в осадок до 80% веществ коллоидной дисперсности и высокомолекулярных соединений сока, что составляет 30–40% всех несахаров, удаляемых при очистке сока. Оптимум рН на преддефекации – величина непостоянная, зависящая от состава несахаров сока. Целью преддефекации является также нейтрализация и осаждение кальциевых солей лимонной, оксалимонной, яблочной, винной, щавелевой и других кислот, содержащихся в соке, и образование осадка, состоящего из крупных плотных частей. Осадок хорошо фильтруется и устойчив к разрушающему действию ионов кальция в условиях высоких значений щелочности и температуры на основной дефекации. На сахарных заводах преддефекацию проводят путем одновременного введения всей необходимой извести (оптимальная преддефекация) или постепенного ее введения в течение 20–30 мин (прогрессивная преддефекация). Температура сока также может меняться: при проведении холодной преддефекации известь вводят в сок с температурой до 50°C, при проведении теплой – 50–60°C, а при горячей – 85–90°C. Выбор режима проведения преддефекации зависит от качества перерабатываемой свеклы.

Преддефекация диффузионного сока. Оптимальная преддефекация идет при температуре 85–90°C. В качестве источника извести используется смесь нормально отсатурированного нефильтрованного сока первой сатурации (100–150% к массе свеклы) и дефекованного сока (15–30% к массе свеклы), что обеспечивает оптимальное значение рН и улучшает фильтрационные свойства осадка. В диффузионный сок поступают положительно заряженные частицы СаСО₃, которые служат центрами коагуляции для отрицательно заряженных несахаров: белков, пектиновых веществ и других высокомолекулярных

соединений. На последующей стадии очистки сока – сатурации – эти частицы, в свою очередь, также будут являться центрами кристаллизации CaCO_3 , при этом органические сахара окажутся внутри кристаллов карбоната кальция. Образуется большое количество хорошо фильтруемого осадка, идет дальнейшая физико-химическая очистка сока.

Прогрессивная преддефекация дает большой эффект осаждения коллоидных частиц и способствует получению крупнозернистого осадка. При этом нет необходимости строго соблюдать pH среды. Известь дозируют медленно и в таком количестве, которое на 20–30% больше, чем требуется для достижения оптимального значения pH. Прогрессивную преддефекацию проводят в горизонтальных преддефекаторах.

Основная дефекация диффузионного сока проводится сразу же после преддефекации без предварительного фильтрования или подогрева сока. К ключевым процессам, проходящим при основной дефекации, относятся следующие: разложение органических сахаров сока (амидов кислот, солей аммония, редуцирующих веществ), омыление жиров, доосаждение анионов кислот и создание избытка извести для получения достаточного количества карбоната кальция на первой сатурации.

В результате разложения амидов (аспарагина, глутамин и др.) выделяется аммиак, в растворе накапливаются растворимые соли кальция, ухудшающие кристаллизацию сахарозы и увеличивающие ее потери. При разложении редуцирующих сахаров образуются молочная, уксусная, муравьиная и другие кислоты, дающие при взаимодействии с известью растворимые соли кальция. При омылении жиров образуются выпадающие в осадок мыла и глицерин. Пектиновые вещества разлагаются с образованием метанола, уксусной и полигалактуроновой кислот. Метанол при последующем выпаривании сока улетучивается, уксусная кислота образует водорастворимую соль кальция, а полигалактуроновая кислота образует трудно фильтрующийся слизистый осадок – пектат кальция. Таким образом, в процессе дефекации из сахаров, перешедших в раствор, образуются трудноотфильтровываемые соли кальция и красящие вещества,

ухудшающие качество очищенного сока.

Длительность основной дефекации регулируется в зависимости от содержания несахаров в соке и способа проведения преддефекации. Обработку сока известковым молоком проводят при температуре ниже 50°C (холодная дефекация) в интервале температур 50–60°C (теплая) и 85–90°C (горячая дефекация). Продолжительность холодной основной дефекации составляет 20–30 мин, оптимальная продолжительность горячей дефекации -15-20 мин. Комбинированная холодно-горячая дефекация позволяет провести достаточно полное разложение не сахаров и получить менее окрашенный сок. При этом первая ступень – холодная дефекация (при температуре ниже 50°C) длится 20–30 мин, вторая - горячая (при температуре 85°C) –10–15 мин.

Сатурация диффузионного сока – это обработка сока сатурационным газом, содержащим 30–34% диоксида углерода.

Сатурацию проводят в две стадии (I и II сатурации) с промежуточным отделением осадка несахаров. Чтобы предотвратить обратный переход в раствор несахаров, выпавших в осадок на стадиях преддефекации и дефекации, I сатурацию заканчивают при наличии в растворе небольшого избытка извести, как на преддефекации (0,2–0,3% CaO, pH 10,8–11,6).

I сатурация может быть одно-, двух- и многоступенчатой. На большинстве сахарных заводов ее проводят одноступенчато. Диффузионный сок с температурой 80–85°C поступает сразу же после дефекации в одноступенчатый непрерывно действующий сатуратор. При продувке диоксида углерода почти вся избыточная известь выпадает в осадок в виде оксида кальция. Частицы этого осадка несут на себе положительный заряд и адсорбируют на своей поверхности все отрицательно заряженные не сахара. Таким образом, избыток извести, добавляемый при дефекации, позволяет получить большое количество мелкодисперсных частиц оксида кальция, положительно заряженных и с большей площадью поверхности. Этим достигается хорошая физико-химическая очистка сока и облегчается последующее фильтрование. Коэффициент использования сатурационного газа составляет 60–65%.

II сатурация проводится для снижения в соке содержания растворимых солей кальция, так как их наличие ведет к образованию накипи в теплообменниках и увеличивает потери сахарозы. Сок перед II сатурацией нагревают до 85–92°C. Процесс ведут до достижения рН сока 9,25. Операция длится 10 мин, коэффициент использования сатурационного газа составляет 50%.

Фильтрация сока. Сок после I сатурации содержит 4–5% осадка. Такой сок направляют в отстойники, после которых 75–80% всего сока представляет собой жидкость, содержащую только легкую муть и практически лишенную осадка. После отстойников сок сразу же направляется на контрольное фильтрование. Вторую часть сока (20–25% общего его количества) – сгущенную суспензию, содержащую 18–20% осадка, направляют на вакуум фильтры.

Сульфитация сока. Для снижения цветности и щелочности фильтрованный сок II сатурации обрабатывают диоксидом серы в оросительных или жидкостно-струйных сульфитаторах. Сульфитационный газ содержит 10–15% диоксида серы. При пропускании газа через диффузионный сок часть растворенного диоксида серы реагирует с водой, образуя сернистую кислоту, являющуюся хорошим восстановителем красящих веществ сока, и превращает их в бесцветные соединения. Кроме того, сернистая кислота и ее соли блокируют карбонильные группы редуцирующих соединений – моносахаридов и продуктов их распада, предотвращая образование красящих веществ в соке. Сернистая кислота снижает щелочность сока за счет перехода карбоната калия в нейтральный сульфит ($K_2CO_3 + H_2SO_3 = K_2SO_3 + H_2O + CO_2$), что облегчает процесс кристаллизации сахарозы, снижая ее потери с мелассой. Оптимальное значение рН сульфитированного сока составляет 8,5–8,8.

Процесс очистки диффузионного сока обеспечивает удаление только 30–35% несахаров. При этом почти полностью удаляются белки, 40–45% безазотистых органических веществ и 10–12% минеральных веществ. Очищенный сок содержит (в %): сухих веществ – 12–14, из них сахарозы – 10–12, азотистых

веществ – 0,5–0,7, безазотистых органических веществ – 0,4–0,5 и минеральных веществ – 0,5. Чистота сока составляет 86–92%.

Сгущение сока выпариванием ведут в два этапа: сначала его сгущают до содержания сухих веществ 65%, при этом сахароза еще не кристаллизуется. Затем после дополнительной очистки вязкий сироп сгущают до содержания сухих веществ 92,5–93,5%, после чего отделяют кристаллы сахарозы. Всего из очищенного сока выпаривают 110–115% воды к массе свеклы. Разделение процесса сгущения на два этапа вызвано тем, что на первом этапе при небольшой вязкости раствора процесс ведут в многокорпусных выпарных установках, что позволяет снизить удельный расход топлива примерно в 2,5 раза. Из выпарной установки выходит сироп с содержанием сухих веществ 65%. Его смешивают с клеровкой желтого сахара и сульфитируют до pH 7,8–8,2 при температуре 80–85°C, после чего подогревают до 90–95°C и фильтруют.

Варка утфелей и получение кристаллического сахара. Очищенный сироп содержит 55–60% сухих веществ, в том числе большую часть несахаров, которые не удалось выделить при очистке диффузионного сока. Чтобы выделить из сиропа практически чистую сахарозу, кристаллизацию проводят в кипящих пересыщенных растворах в вакуум-аппаратах при низкой температуре.

Продукт, полученный после уваривания, называем *утфелем*. Он содержит 7,5–8% воды, 92–92,5% сухих веществ и около 55% выкристаллизовавшегося сахара. Межкристалльная жидкость представляет собой вязкий раствор, содержащий несахара и насыщенный раствор сахарозы.

Для того чтобы при минимальных затратах топлива максимально извлечь сахар, содержащийся в сахарной свекле, кристаллизацию сахарозы ведут многократно. Рациональной является трех кристаллизационная схема продуктового отделения. По данной схеме сироп из сборника поступает в вакуум-аппарат и уваривается до тех пор, пока содержание сухих веществ не составит 92,5%. Готовый утфель I кристаллизации (утфель I) спускают в приемную утфеле мешалку. Через утфеле распределитель он поступает в

центрифуги. В процессе центрифугирования отделяют кристаллы сахарозы и два оттека. Так как поверхность кристаллов покрыта пленкой межкристалльной жидкости, здесь же, в центрифуге, кристаллы пробеливают артезианской водой с температурой 70–95°C. Расход воды составляет 3–3,5% к массе утфеля. Таким образом, первый оттек – это межкристалльный раствор утфеля, содержащий некоторое количество мелких кристаллов, а второй оттек получают при пробеливании кристаллов сахара. Сахар-песок с содержанием воды 0,8–1% выгружают из центрифуги на вибротранспортер и элеватором подают в сушильно-охладительную установку, затем высушивают горячим воздухом до содержания воды 0,14% (при бестарном хранении массовая доля воды в сахаре-песке должна составлять 0,03–0,04%), а затем охлаждают. Когда сахар-песок проходит по ленточному транспортеру, из него удаляют ферропримеси с помощью магнитного сепаратора, а затем в сортировочной установке отделяют комки и выделяют три фракции по размеру кристаллов. Очистка воздуха от сахарной пыли ведется в циклонах. Далее сахар-песок поступает в бункер на хранение.

Оттеки, полученные при центрифугировании утфеля I, подают в сборники и направляют на уваривание утфеля II кристаллизации (утфель II) в вакуум-аппараты до содержания сухих веществ 93%.

Утфель II спускают в приемную утфелемешалку, добавляют небольшое количество горячей воды и направляют в центрифуги. При центрифугировании отбирают два оттека, отличающиеся чистотой. Пробеливание кристаллов ведут горячей водой (1% к массе утфеля). Оттеки направляют в вакуум-аппараты на уваривание утфеля III и доводят содержание сухих веществ в нем до 93,5–94%. Готовый утфель спускают через утфелемешалку в кристаллизационную установку, где происходит дополнительная кристаллизация сахарозы за счет охлаждения утфеля с 70–75 до 35–40°C. Затем утфель подогревают в утфелера спределителе до температуры 45–50°C и центрифугируют без пробеливания сахара водой. Полученный оттек – мелассу перекачивают насосом в емкость для хранения. Сахар III кристаллизации для повышения чистоты направляют в аффинатор,

смешивают с первым оттеком утфеля I, разбавленным очищенным соком до 74–76%-ного содержания сухих веществ, и получают аффинационный утфель (аффинация – растворение сахара III кристаллизации в разбавленном первом оттеке утфеля I до содержания сухих веществ 89–90%). Часть сахаров при этом переходит в раствор. Утфель центрифугируют, отделяемый сахар пробеливают водой, и все оттеки сливают в сборник. Полученный сахар вместе с сахаром II кристаллизации подают шнеком в клеровочный аппарат и растворяют (клеруют) в соке II сатурации до содержания сухих веществ 65–70%, после чего смешивают с сиропом из выпарной установки и подают на сульфитацию.

Утфель уваривают в периодически действующих вакуум-аппаратах в четыре этапа: получение пересыщенного раствора, заводка кристаллов сахара, наращивание кристаллов сахара, окончательное сгущение и спуск утфеля.

Чтобы предотвратить карамелизацию сахарозы, сироп сгущают выпариванием при остаточном давлении 0,020 МПа и температуре 70–72°C. По мере сгущения сиропа до содержания сухих веществ 80–82% температура его кипения при том же разрежении повышается до 74–76°C, а коэффициент пересыщения – до 1,25–1,3 (коэффициент пересыщения показывает, во сколько раз в данном сиропе растворено сахарозы больше, чем в насыщенном растворе при тех же условиях).

При таком коэффициенте пересыщения, когда раствор находится в неустойчивом состоянии, начинают заводку кристаллов, вводя тонкоизмельченную сахарную пудру, что вызывает немедленное образование новых кристаллов. Своевременные заводка кристаллов и прекращение их образования имеют важное значение. Как только в утфеле окажется достаточное количество кристаллов, их образование прекращают, снижая коэффициент пересыщения до 1,08–1,12 и вводя новые порции сиропа. Дальнейшее наращивание кристаллов ведут при остаточном давлении 0,02 МПа и температуре 76°C. Для того чтобы росли уже образовавшиеся кристаллы, но не образовывались новые, постоянно вводят сироп, поддерживая при этом коэффициент пересыщения на уровне 1,12–1,15.

Когда кристаллы сахарозы достигнут необходимой величины, утфель доводят до максимально возможной концентрации сухих веществ – 92–92,5%. При этом его температура не должна превышать 70–73°C.

что соответствует коэффициенту пересыщения 1,30–1,35. Заводку кристаллов проводят при помощи сахарной пудры (60–80 г на 40 т утфеля). После наращивания кристаллов утфель окончательно сгущают до концентрации сухих веществ 93,0%.

Утфель II подают в центрифугу циклического действия в горячем состоянии сразу после спуска в утфелемешалку. Сахар пробеливают чистой горячей водой в количестве 1% к массе утфеля. При центрифугировании отбирают два оттека с разной чистотой.

Утфель III уваривают из второго и первого оттеков утфеля II, аффинационного оттека и раствора, полученного от промывки сит в центрифугах утфеля III. Цикл уваривания утфеля в вакуум-аппарате состоит из тех же операций, только продолжительность уваривания в связи с меньшей чистотой оттеков здесь в 1,5–2,5 раза больше, чем утфеля II. До заводки кристаллов утфель уваривают при температуре 68°C до содержания сухих веществ 83–85%, что соответствует коэффициенту пересыщения 1,35–1,4.

Перед самой заводкой кристаллов температуру утфеля повышают до 70–73°C. Сахарную пудру вводят в количестве 150–200 г на 40 т утфеля. Наращивание кристаллов проводят при коэффициенте пересыщения 1,15–1,25 путем подкачивания первого оттека утфеля II.

Конечная концентрация уваренного утфеля должна быть в пределах 94,5–96,0% сухих веществ. Из вакуум-выпарного аппарата утфель III поступает в приемную утфелемешалку и затем в кристаллизационную установку, состоящую из 6 утфелемешалок кристаллизаторов. Утфель охлаждается холодной водой, движущейся навстречу утфелю

внутри вала и пустотелых дисков утфелемешалок. За время кристаллизации температура утфеля снижается с 70–75 до 35–40°C. В течение всего процесса коэффициент пересыщения поддерживается в пределах 1,20–1,25 для того, чтобы росли только имеющиеся кристаллы и не образовывалась

кристаллическая «мука».

Перед центрифугированием утфель нагревают до 45–50°C в утфелемешалке и центрифугируют в центрифугах периодического действия без пробеливания сахара водой с отбором одного оттека – мелассы. При этом на поверхности кристаллов сахара остается слой мелассы и чистота желтого сахара составляет 94–95%. Для повышения чистоты сахар подвергают аффинации, т. е. сахар III кристаллизации смешивают с разбавленным первым оттеком утфеля I до содержания сухих веществ 89–90% и перемешивают в утфелемешалке в течение 20 мин при температуре 65°C. В результате этого часть несугаров, содержащихся в пленке, покрывающей кристаллы сахара, перейдет в аффинирующий раствор и при центрифугировании утфеля будет получен более чистый сахар-аффинад (чистота составляет примерно 97%). Сахар-аффинад и сахар II кристаллизации растворяют (клеруют) очищенным соком II сатурации при температуре 80–85°C до содержания сухих веществ 65–70%, смешивают с сиропом из выпарной установки и подают на сульфитацию.

По органолептическим показателям сахар-песок должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.

что соответствует коэффициенту пересыщения 1,30–1,35. Заводку кристаллов проводят при помощи сахарной пудры (60–80 г на 40 т утфеля). После наращивания кристаллов утфель окончательно сгущают до концентрации сухих веществ 93,0%.

Утфель II подают в центрифугу циклического действия в горячем состоянии сразу после спуска в утфелемешалку. Сахар пробеливают чистой горячей водой в количестве 1% к массе утфеля. При центрифугировании отбирают два оттека с разной чистотой.

Утфель III уваривают из второго и первого оттеков утфеля II, аффинационного оттека и раствора, полученного от промывки сит в центрифугах утфеля III. Цикл уваривания утфеля в вакуум-аппарате состоит из тех же операций, только продолжительность уваривания в связи с меньшей чистотой оттеков здесь в 1,5–2,5 раза больше, чем утфеля II. До заводки кристаллов утфель уваривают при температуре 68°C до содержания сухих веществ 83–85%, что соответствует

коэффициенту пересыщения 1,35–1,4.

Перед самой заводкой кристаллов температуру утфеля повышают до 70–73°C. Сахарную пудру вводят в количестве 150–200 г на 40 т утфеля. Нарращивание кристаллов проводят при коэффициенте пересыщения 1,15–1,25 путем подкачивания первого оттека утфеля II.

Конечная концентрация увареного утфеля должна быть в пределах 94,5–96,0% сухих веществ. Из вакуум-выпарного аппарата утфель III поступает в приемную утфелемешалку и затем в кристаллизационную установку, состоящую из 6 утфелемешалок-кристаллизаторов. Утфель охлаждается холодной водой, движущейся навстречу утфелю

внутри вала и пустотелых дисков утфелемешалок. За время кристаллизации температура утфеля снижается с 70–75 до 35–40°C. В течение всего процесса коэффициент пересыщения поддерживается в пределах 1,20–1,25 для того, чтобы росли только имеющиеся кристаллы и не образовывалась кристаллическая «мука».

Перед центрифугированием утфель нагревают до 45–50°C в утфелемешалке и центрифугируют в центрифугах периодического действия без пробеливания сахара водой с отбором одного оттека – мелассы. При этом на поверхности кристаллов сахара остается слой мелассы и чистота желтого сахара составляет 94–95%. Для повышения чистоты сахар подвергают аффинации, т. е. сахар III кристаллизации смешивают с разбавленным первым оттеком утфеля I до содержания сухих веществ 89–90% и перемешивают в утфелемешалке в течение 20 мин при температуре 65°C. В результате этого часть несугаров, содержащихся в пленке, покрывающей кристаллы сахара, перейдет в аффинирующий раствор и при центрифугировании утфеля будет получен более чистый сахар-аффинад (чистота составляет примерно 97%). Сахар-аффинад и сахар II кристаллизации растворяют (клеруют) очищенным соком II сатурации при температуре 80–85°C до содержания сухих веществ 65–70%, смешивают с сиропом из выпарной установки и подают на сульфитацию.

По органолептическим показателям сахар-песок должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.

Таблица 1

Органолептические показатели сахара-песка

Показатель	Характеристика	Метод испытаний
Вкус	Сладкий, без посторонних привкуса и запаха	По
сыпучесть	как в сухом сахаре, так и в его водном растворе	ГОСТ 12576
Цвет	Сыпучий, без комков	
	Белый, с блеском	По
Растворимость в воде	Полная. Раствор должен быть прозрачным, без каких-либо нерастворимых осадков, механических или других посторонних примесей	ГОСТ 12576
		По
		ГОСТ 12576

Таблица 2 Физико-химические показатели сахара-песка

Наименование показателя	Норма		Метод испытания
	для сахара песка	для сахара-песка, предназначенного для промышленной переработки	
Массовая доля сахарозы (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	99,75	99,55	По ГОСТ 12571
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,050	0,065	По ГОСТ 12575
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,04	0,05	По ГОСТ 12574
Цветность, не более (условных единиц или единиц оптической плотности)	0,8 104	1,5 195	По ГОСТ 22572
Массовая доля воды, %, не более	0,14	0,15	По ГОСТ 12570
Массовая доля ферропримесей, %, не более	0,0003	0,0003	По ГОСТ 12573

По физико-химическим показателям сахар-песок должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.

Лекция №5

Технология сахара-рафинада

В свекловичном сахаре-песке содержится некоторое количество не сахаров (красящих веществ, зольных элементов и т. д.), придающих ему желтоватый цвет, а также привкус и запах.

Основная цель сахарорафинадного производства – получение кристаллического продукта высокого качества с содержанием чистой сахарозы не менее 99,9% (ГОСТ 22).

Сахар-рафинад вырабатывают в виде сахара-песка и кускового сахара-рафинада: прессованного колотого, прессованного со свойствами литого, быстрорастворимого, в том числе «Дорожного» в мелкой упаковке, и литого колотого. Прессованный сахар-рафинад выпускают в виде отдельных кусочков, литой колотый – в виде кусков произвольной формы размером 40–70 мм. В настоящее время литой сахар-рафинад выпускают в очень ограниченном количестве из-за трудоемкости процесса.

По органолептическим показателям сахар-рафинад должен соответствовать следующим требованиям: цвет – белый (без пятен и посторонних примесей), допускается слегка голубоватый оттенок; вкус – сладкий без посторонних привкуса и запаха; раствор должен быть прозрачным.

Основной процесс рафинирования – отделение сахарозы от несахаров путем ее многократной кристаллизации и физико-химической (адсорбционной) очистки сиропов. При производстве сахара-рафинада различают две группы продуктов: рафинадную (2–3-я ступени) и продуктовую (3–4-я ступени). Сахар-рафинад получают только в первых двух или трех циклах, последующие циклы служат для обессахаривания оттеков и возвращения получаемого желтого сахара на адсорбционную очистку и кристаллизацию в рафинадных циклах. Таким образом в сахарорафинадном производстве применяют многократную кристаллизацию, и каждой кристаллизации предшествует механическая и адсорбционная очистка сиропов. При этом наблюдается циклическая повторяемость технологических операций, в результате которых сахароза

сахарного песка превращается в сахар-рафинад, а несахара, удерживая некоторую часть сахарозы (0,6–0,9% к массе сахара-песка), концентрируются в рафинадной патоке.

Технологическая схема производства прессованного рафинада включает взвешивание и просеивание сахара-песка; приготовление рафинадного сиропа и клерса; удаление из сиропа механических примесей, адсорбционную очистку сиропа; сгущение сиропа до об-

разования кристаллов; кристаллизацию; центрифугирование и пробеливание кристаллов; получение рафинадной кашки; прессование рафинадной кашки; сушку и охлаждение брикетов; фасование и упаковывание сахара-рафинада; складирование и хранение.

Сахар-песок, поступающий в производство, взвешивают на автоматических весах, просеивают для удаления примесей (шпагата, мешочного ворса и т. д.) и подают на приготовление сиропа и клерса. Рафинадный сироп с концентрацией сухих веществ 73% готовят из обычного сахара-песка. Клерс – это продукт, получаемый из растворенного в воде сахара-песка повышенного качества, сухих отходов рафинадного производства и отбора из адсорберов рафинадной группы. Температура сиропов составляет 75°C, рН – не ниже 7,5. Сиропы обязательно фильтруют через гравий или фильтроперлит для удаления механических примесей и подвергают адсорбции для обесцвечивания и освобождения от минеральных примесей.

Для адсорбционной очистки сиропов применяют активированный гранулированный уголь. На сахарных заводах применяют периодический и непрерывный способы обесцвечивания. Адсорбер периодического действия представляет собой цилиндрический сосуд диаметром 0,8–1,2 м и высотой 8–10 м. Адсорбер заполняют гранулированным углем, сироп подают сверху. Температура подаваемого в адсорбер рафинадного сиропа составляет 80°C, продуктовых сиропов – 75°C. Очищенный сироп выходит из нижней части адсорбера и подвергается контрольному фильтрованию. При непрерывном способе сироп подают в нижнюю часть адсорбера, активированный уголь поступает сверху. Находясь во взвешенном состоянии, активированный уголь контактирует с сиропом. Обесцвеченный сироп, пройдя фильтрующее

устройство, поступает на контрольное фильтрование. Уголь, заполняющий аппараты, через 10–15 суток работы полностью обновляется и подвергается регенерации.

В сахарной промышленности для обесцвечивания сиропов используют также ионо-обменные смолы – искусственно полученные органические вещества, способные к быстрому обмену своих ионов на другие одноименно заряженные ионы, находящиеся в сахарных сиропах. Причем температура сиропов, направляемых на обесцвечивание, не должна превышать 80°C, а pH должен быть на уровне 7,1–7,3. Очистку сиропа ионитом проводят в ионообменных установках, состоящих из реакторов и вспомогательного оборудования.

Обесцвеченные сиропы подают в вакуум-аппараты для сгущения. Варка утфеля из рафинадного сиропа ничем не отличается от варки утфеля в свеклосахарном производстве. Однако рафинадные утфели варят значительно быстрее свеклосахарных: в течение 70–85 мин – для рафинадных и 2–3 ч – для продуктовых, что обусловлено высокой чистотой увариваемых сиропов и более высокой их концентрацией (73% сухих веществ вместо 65%).

Особенностью получения рафинадного утфеля является введение при его уваривании ультрамарина (75 г на 10 т утфеля), который представляет собой минеральную краску интенсивно-синего цвета.

Утфели рафинадных кристаллизаций уваривают до содержания сухих веществ 91,5–92,0% при температуре 75°C. Утфели продуктовых кристаллизаций уваривают до следующего содержания сухих веществ (в %): I – до 91,0–91,5; II – до 90,5–91,0; III – до 90,0–91,0; IV – до 89,0–90,0.

Готовый утфель спускают в утфелемешалки-кристаллизаторы для дополнительной кристаллизации. По мере охлаждения и кристаллизации утфель густеет. Чтобы поддерживать его установленную плотность, утфель разжижают (раскачивают), добавляя очищенный сироп последующего продукта.

Для отделения кристаллов сахара утфель обрабатывают на центрифугах циклического или непрерывного действия. Широко применяют непрерывно действующие пульсирующие центрифуги, которые состоят из четырех

горизонтальных барабанов, изготовленных из щелевидных сит, расположенных последовательно одно за другим вдоль оси центрифуги (I, II, III, IV) и вращающихся с частотой 800 об/мин. Диаметр барабанов увеличивается по мере продвижения сахара. Первый и третий барабаны совершают как вращательное, так и возвратно-поступательное движение.

Центрифуга заключена в горизонтальный кожух, где установлена перегородка для отделения первого оттока от второго. Сахар пробеливается клерсом, в который добавляют суспензию ультрамарина. После центрифугирования и пробелки получают полупродукт – рафинадную кашку, которая состоит из кристаллов, покрытых пленкой увлажняющего их клерса. Содержание воды в рафинадной кашке регулируется в зависимости от желаемой крепости рафинада и, обусловленное количеством остаточного клерса, может колебаться от 1,5 до 2,9%. При производстве прочного сахара в рафинадной кашке оставляют максимально возможное количество клерса, для того чтобы в дальнейшем после прессования в процессе сушки кристаллизуемая сахароза цементировала монокристаллы сахара.

Для получения прессованных брикетов рафинада одной окраски, требуемой массы и крепости рафинадная кашка должна иметь одинаковую кристаллическую структуру, температуру и влажность. Мелкие кристаллы удерживают излишнюю воду, крупные образуют неровную поверхность брикетов. Поэтому рафинадную кашку, поступающую от центрифугирования разных утфелей, смешивают на ленточном конвейере, установленном под центрифугами. Дальнейшее ее перемешивание происходит при транспортировании элеватором и просеивании в барабанном сите над лентой конвейера. Кашка, поступающая на прессование, должна иметь кристаллы размером 1,0–1,5 мм и более в количестве 30%; размером 0,5–1 мм – 60%; размером не более 0,5 мм – 10%. Температура кашки должна составлять 60–65°C, содержание воды – 2,4–2,6%.

Рафинадную кашку прессуют под давлением для формирования брикетов. В зависимости от физико-механических свойств рафинадной кашки и силы сдавливания, при которой происходит сближение кристаллов сахарозы, брикеты получаются разными по плотности и

форме. После сушки и охлаждения брикеты раскалывают на кусочки сахара-рафинада правильной формы, определенной крепости и массы. Кашку прессуют в прессе карусельного типа, в диске которого размещены четыре пресс-формы, состоящие из матрицы и пуансона. На прессе периодического действия осуществляется 28–32 прессования в минуту.

Сырой прессованный сахар-рафинад сушат в два периода, различающихся в основном скоростью процесса. Первый период характеризуется интенсивным удалением воды, второй – резким замедлением процесса сушки. Рафинадные бруски сушат обычно в туннельных противоточных конвективных сушилках.

Продолжительность сушки сахара-рафинада составляет 8–10 ч. Для сушки прочного прессованного сахара-рафинада (содержание воды выше 2,3%) применяют вакуум-сушилки. Общий цикл сушки брикетов под вакуумом составляет 5–6 ч.

Контрольные вопросы

1. Сколько сахара содержится в корнеплоде сахарной свеклы?
2. Из каких этапов состоит технологическая схема производства сахара-песка из сахарной свеклы?
3. Как очищают диффузионный сок?
4. Что представляет собой утфель? Как его получают?
5. Из каких этапов состоит технологическая схема производства сахара-рафинада?

ЛЕКЦИЯ №6

СГУЩЕНИЕ СОКА ВЫПАРИВАНИЕМ.

По значению выполняемых функций, сложности и стоимости в тепловой схеме центральное место занимает выпарная установка, которая состоит из отдельных аппаратов.

Сок II сатурации должен быть сгущен до сиропа с содержанием сухих веществ до 65÷70% при первоначальном значении этой величины 14÷16%.

Выпарная установка позволяет расходовать на сгущение сока 40÷50% пара к массе всего сока за счет многократного использования парового тепла.

Сок поступает в I корпус, а затем проходит все корпуса установки последовательно и из концентратора удаляется сироп.

Ретурный пар используется только в I корпусе выпарной установки. Последующие корпуса обогреваются вторичными парами предыдущих корпусов. Из последнего корпуса соковый пар поступает на концентратор, а с него на конденсатор.

Число ступеней выпарной установки выбирается на основании технико-экономического расчета, в котором учитывается: капитальные затраты, эксплуатационные расходы. Увеличение числа ступеней выпарной установки (ВУ) приводит, с одной стороны, к уменьшению расхода греющего пара, что влечет за собой уменьшение эксплуатационных расходов, с другой стороны, к увеличению суммарной поверхности нагрева выпарных аппаратов, что приводит к увеличению капитальных затрат.

На выбор числа ступеней существенное влияние оказывает температурный режим ВУ, т.е. условие, что полезная разность температур в каждом корпусе должна быть не менее 6-8°C.

Образующийся в выпарных аппаратах и других теплообменниках конденсат систематически выводится в сборники через конденсатные колонки. Конденсат отработавшего пара используется для питания паровых котлов, а

конденсат вторичных паров - для нагрева различных промежуточных продуктов.

Необходимо постоянно отводить не конденсирующиеся газы из паровых камер, которые накапливаясь в верхней части греющих камер, препятствуют потоку притекать к поверхности теплообменника. Неконденсирующиеся газы из верхней части греющих камер по трубопроводам выводятся в пространство с давлением пара на одну ступень ниже, чем давление греющего пара. При таких условиях отводимый с газами пар не теряется бесполезно; кроме того, из-за разности давлений создается непрерывное движение газа от I корпуса к конденсатору смешения.

Для создания разрежения в последнем корпусе и концентраторе и удаления неконденсирующихся газов из системы в схему включена вакуум-конденсационная установка, состоящая из двух ступеней: предконденсатора, основного конденсатора, каплеловушек, сборников барометрической воды и вакуум-компрессора.

При выпаривании в соке происходят химические превращения: снижение рН, нарастание цветности, образование осадков. Эти процессы протекают наиболее интенсивно в термолабильном соке, т.е. соке, неустойчивом к температурному воздействию.

Снижение рН обусловлено разложением в соке 0,04÷0,06% сахарозы, до 30% редуцирующих веществ и образованием органических кислот. Чтобы поддерживать необходимый рН в ВУ (примерно 7,5÷8,0), в сок перед II сатурацией добавляют тринатрийфосфат.

Цветность сиропа нарастает в результате разложения редуцирующих веществ и их взаимодействиями с аминокислотами, а также карамелизации сахарозы. Интенсивность этих реакций зависит от рН, t , концентрации реагирующих веществ, реагентов, продолжительности выпаривания, наличия ионов железа и прочих факторов.

Результатом образования осадков в сиропе при выпаривании является снижение растворимости солей Са, когда они оказываются в пересыщенном состоянии и их избыток выкристаллизовывается.

Одним из эффективных способов торможения реакции образования красящих веществ в ВУ является достижение достаточного полного разложения редуцирующих сахаров в процессе очистки сока и минимального разложения сахарозы при выпаривании. Немаловажное значение имеют также содержание оптимального уровня в кипятильных трубках и равномерное распределение греющего пара в греющих камерах выпарных аппаратов, что предохраняет поверхности нагрева в местах ввода пара от пригорания сахара.

Образование накипи на внутренней поверхности трубок выпарных аппаратов вследствие выделения и осаждения солей минерального происхождения постоянно снижает коэффициент теплопередачи и приводит к понижению производительности станции. Для восстановления нормальной работы выпарной станции применяются механические методы или химические методы очистки поверхности нагрева.

Иногда используют деминерализацию сока перед выпариванием путем пропускания его через ионообменные смолы.

Борьба с накипеобразованием в теплообменной аппаратуре возможна с помощью ультразвуковых колебаний, которые нарушают обычный процесс образования накипи и действуют разрушающе на нее.

ЛЕКЦИЯ №7

УВАРИВАНИЕ, КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ УТФЕЛЕЙ.

Кристаллизация сахара - завершающий этап в его производстве. Здесь выделяют практически чистую сахарозу из многокомпонентной смеси, которой является сироп.

В соко очистительном отделении из диффузионного сока удаляется около 1/3 не сахаров, остальные не сахара вместе с сахарозой поступают в продуктовое отделение, где большая часть сахарозы выкристаллизовывается в виде сахара-песка, а несахара остаются в межкристальном растворе.

Выход сахара на 75% зависит от потерь сахара в мелассе. Потери в продуктовом отделении определяют технико-экономические показатели завода. Качество сахара прямо связано с потерями его в мелассе. Задачей оптимизации технологического процесса является выбор между глубоким истощением мелассы и качеством песка.

Задача получения сахара стандартного качества решается с помощью многоступенчатой кристаллизации, при этом потери будут минимальны.

Наибольшее распространение получили двухступенчатая и трехступенчатая схемы продуктового отделения. Для получения сахара хорошего качества используют гибкие схемы, предусматривающие оперативное перераспределение потоков в соответствии с ситуацией на заводе.

Рациональная технологическая схема продуктового отделения должна иметь столько ступеней кристаллизации, чтобы суммарный эффект кристаллизации составлял 30-33%, а коэффициент завода составлял бы 80% при среднем качестве свеклы.

В достоинство трехпродуктовой схемы можно включить более высокий выход (37%) и высокое качество получаемого товарного продукта. От прочих схем

она отличается прямоточностью, существует один рециркуляционный контур - возврат клеровки.

Исходным сырьем для продуктового отделения является сульфитированная смесь сиропа с клеровкой сахаров II кристаллизации и сахара-аффинада III кристаллизации с чистотой не менее 92%.

Из этой смеси в вакуум-аппаратах I продукта уваривают утфель I кристаллизации до массовой доли сухих веществ 92,5%, при этом содержание кристаллов в утфеле составляет 55%.

Уваривание осуществляют в вакуум-аппаратах периодического действия, поэтому после уваривания утфель выгружается в буферную промежуточную емкость приемной мешалки. После выгрузки аппарат пропаривается экстрапаром I корпуса выпарной установки и пропарка направляется в клеровочную мешалку. Если пропарка проводится ретурным паром, то ее можно направлять в приемную мешалку, где при смешивании с утфелем растворяется около 2÷3% кристаллов.

Утфель центрифугируют нагорячо ($t=70\div75^{\circ}\text{C}$), при этом рекомендуется использовать центрифуги с фактором разделения 1000. При фуговке отделяем 2 оттека. На первой стадии выделяется "зеленая" патока I, которая направляется в сборник под центрифугой и перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами, для создания запаса зеленой патоки для уваривания утфеля II.

По окончании отделения зеленой патоки в ротор центрифуги подается горячая артезианская вода в количестве 3,0÷3,5% по массе сахара, проводится пробелка сахара и выделяется II оттек утфеля I кристаллизации, который направляется в сборник под центрифугами, а затем перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами, где создается запас для уваривания утфеля II.

Разность доброкачественности оттеков должна быть 5÷7 единиц.

Выгруженный из центрифуг сахар-песок транспортируют для высушивания, охлаждения, отделения ферромагнитных примесей, комков сахара и пудры.

Затем он поступает в бункеры, откуда в склад бестарного хранения или на упаковку.

Уловленную циклонами сахарную пыль, а также комочки сахара с виброконвейера и из сушильного барабана растворяют в очищенном соке и подают в клеровочные мешалки.

Белая и зеленая патоки используются для уваривания утфеля II (промежуточного) продукта. В процессе уваривания в начале в вакуум-аппарат забирается белая патока и в конце зеленая патока. Утфель II продукта уваривают до массовой доли сухих веществ $93\div 94\%$, при этом содержание кристаллов в утфеле достигает 45% . Используют вакуум-аппараты периодического действия. После уваривания утфель выгружают в приемную мешалку. Вакуум-аппараты пропаривают экстра-паром I корпуса, пропарку направляют в приемную мешалку. Из приемной мешалки утфель II кристаллизации нагорячо ($70\div 75^{\circ}\text{C}$) направляют на центрифугирование. Для этого рекомендуется использовать центрифуги непрерывного действия с коническим ротором, снабженным сегрегатором. Центрифугирование может проводиться с пробеливанием или без него. В любом случае после пробеливания оба отека соединяются в одном сборнике под центрифугами, а затем перекачиваются в сборник перед вакуум-аппаратами, для создания запаса для уваривания утфеля III продукта.

Желтый сахар II шнеком направляют в клеровочную мешалку, где растворяют сульфитированным соком II сатурации или сиропом.

Клеровка с массовой долей сухих веществ $65\div 72\%$ направляется в сборник сиропа после выпарной установки, где смешивается с сиропом и направляется на сульфитацию, а затем используется для уваривания утфеля I.

Из белой и зеленой патоки II уваривают утфель III кристаллизации в вакуум-аппаратах периодического действия до значения массовой доли СВ= $94\div 96\%$, при этом содержание кристаллов в утфеле $35\div 37\%$. Дальнейшее сгущение и кристаллизация в вакуум-аппаратах невозможна, т.к. вязкость утфеля становится чрезмерно высокой, но межкристальный раствор утфеля в вакуум-

аппаратах недостаточно истощен. Чистота раствора составляет 65÷67%. Из него еще можно выделить сахарозу. Истощение раствора считается нормальным, когда чистота его уменьшается до 55÷58%. т.е. для дальнейшего истощения необходимо провести второй этап кристаллизации утфеля III методом охлаждения - для этого утфель выгружают в приемную мешалку утфеля III.

Вакуум-аппараты пропаривают экстра-паром I корпуса выпарки, пропарка направляется в приемную мешалку и перемешивается с утфелем. Из приемной мешалки утфель направляют в батарею кристаллизаторов с вращающейся поверхностью охлаждения, при движении по кристаллизатору температура утфеля уменьшается с 70оС до 35оС. За счет уменьшения растворимости сахароза выделяется из раствора на поверхности кристаллизатора, за счет этого чистота межкристалльного раствора уменьшается примерно на 10 единиц (от 65 до 55%), а содержание кристаллов в утфеле повышается от 35÷37% до 44÷48%. Из последнего кристаллизатора утфель непрерывно подается в утфелераспределитель с вращающейся поверхностью теплообмена. В утфелераспределителе осуществляется подготовка утфеля III продукта к центрифугированию методом подогрева, раскочки при подогреве с 30÷35 до 40÷45оС, при раскочке температура постоянна.

Разделение утфеля III кристаллизации осуществляется в центрифугах периодического действия с фактором разделения 1500 или центрифугах непрерывного действия с двумя коническими роторами, при этом в первом роторе выделяется меласса, во втором проводится аффинация желтого сахара. При переходе желтого сахара с первого ротора на слой желтого сахара подается аффинирующий раствор: зеленая патока I, разбавленная до массовой доли сухих веществ 75% и подогретая до $t=80^{\circ}\text{C}$. Со второго ротора отводится аффинационный оттек, который собирается в сборник под центрифугой и перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами. Из сборника перед вакуум-аппаратом отбирается на уваривание утфеля III на последние подкачки.

При использовании центрифуг периодического действия в центрифуге выделяется меласса, желтый сахар выгружается в аффинационную мешалку, куда подается аффинирующий раствор (разбавленная зеленая патока I в количестве 60% по массе желтого сахара). В мешалке желтый сахар 10 минут перемешивается с аффинирующим раствором и насосом подается на центрифугирование. Рекомендуется использовать центрифуги непрерывного действия с коническим ротором. При центрифугировании выделяется один аффинационный оттек. Желтый сахар III выгружается и шнеком подается в клеровочную мешалку, где растворяется с желтым сахаром II сульфитированным соком II сатурации или сиропом.

Меласса - отход производства, взвешивается и направляется в мелассохранилище.

При изменении качества перерабатываемой заводом свеклы необходимо производить соответствующую корректировку трехкристаллизационной схемы:

- а) при переработке свеклы с полученным сиропом из ВУ доброкачественностью 91÷92% часть первого оттека утфеля I направляют на уваривание утфеля III кристаллизации;
- б) при получении сиропа с Дб=90% переходят на работу по двух кристаллизационной схеме.

Целесообразно также применять трех кристаллизационную схему ВНИИСП, которая имеет следующие отличительные особенности:

утфель III уваривают на кристаллической основе утфеля II из общего оттека утфеля II и аффинационного оттека;

аффинационный утфель центрифугируют совместно с утфелем II.

При поступлении на уваривание должны выполняться следующие качественные требования к продуктам: сироп в смеси с клеровкой должен содержать не менее 65% массовой доли СВ, быть прозрачным и иметь рН 7,8÷8,2, содержание солей Са 0,12÷0,5% СаО к массе сиропа, цветность не более 40 усл. ед.

Получаемый сахар-песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 21-78.

Эффект кристаллизации утфеля I должен составлять $12 \div 13$ ед., утфеля II - 5-7 ед., утфеля III - $10 \div 12$ ед.

Технологические параметры процесса кристаллизации.

При уваривании утфелей происходит:

увеличение цветности в результате разложения редуцирующих веществ, в основном, меланоидинов. В конце уваривания цветность утфеля III увеличивается в несколько раз, а утфеля I и II - в $1,5 \div 2$ раза.

понижение pH, из-за разложения редуцирующих сахаров образуются органические кислоты, способствующие увеличению инверсии.

Контрольные вопросы.

Как производят мойку свеклы?

Расскажите процесс получения свекловичной стружки и диффузионного сока.

Расскажите процесс очистки диффузионного сока.

Как проводят сгущение сока выпаривание

ЛЕКЦИЯ №8

Тема:

РАЗНОВИДНОСТИ САХАРА

Кроме рафинированного сахара-песка и сахара-рафинада кускового прессованного на сахарорафинадных заводах производят рафинадную пудру, кристаллическую сахарозу, жидкий сахар, сахар-рафинад дорожный.

Рафинадная пудра представляет собой измельченные кристаллы сахара-рафинада размером не более 0,1 мм. В качестве сырья используют рафинадную крошку и рафинированный сахар, влажность которых перед размалыванием не должна превышать 0,1%. Во избежание комкования в рафинадную пудру следует добавлять до 4% кукурузного крахмала.

Рафинадную пудру упаковывают в пакеты массой 0,5 и 1 кг, а также в двухслойные мешки (внутренний слой бумажный непропитанный или полиэтиленовый).

Производство рафинадной пудры является пожаровзрывоопасным.

Кристаллическую сахарозу с размером кристаллов 0,8-1,5 мм, содержанием сахарозы в пересчете на сухое вещество не менее 99,95 % и влажностью не более 0,04 % применяют в производстве шампанского и некоторых других вин.

Для ее изготовления в качестве сырья используют сахар-песок цветностью до 0,8 усл. ед. Использование брака сахара-рафинада в сироп не допускается из-за присутствия красителя.

Утфель центрифугируют в вертикальных циклически действующих центрифугах. Кристаллы сахарозы промывают чистой горячей водой, пропаривают сухим паром и досушивают на транспортерах на пути от центрифуг до упаковочного отделения. Сушильно-охладительные установки не применяют.

На заводах ряда зарубежных стран вырабатывают сахар в *жидком, аморфном, желейном, пастообразном и мягком видах*, а также в виде *леденцов, крупных кристаллов (кандис)*. Сахара, различающиеся по цвету от светло-желтого до коричневого, пользуются повышенным спросом у населения, обладают специфическим вкусом благодаря наличию в них небольших количеств минеральных и органических соединений.

Вырабатывают специальные сорта сахара: *помадный, желирующий, быстрорастворимый*. Для получения влажного помадного сахара рафинированный сахар и глюкозу в соотношении 9:1 (по массе) растворяют в воде, сгущают до пересыщения и охлаждают при перемешивании. При этом образуются мельчайшие кристаллы и продукт превращается в белоснежную пасту.

Сухой помадный сахар готовят из смеси мелких кристаллов сахарозы и инвертного сахара с добавлением воды до консистенции помадки. Помадный сахар широко используют в кондитерской промышленности.

Желирующий сахар готовится из 0,8% яблочного пектина; 0,6% лимонной кислоты; 98,2% рафинированного сахара и 0,4% воды. Отдельные компоненты предварительно измельчают и тщательно смешивают с сахаром. Желирующий сахар идет на приготовление мармелада.

При получении быстрорастворимого сахара сахарную пудру подают в струю влажного воздуха, где поверхность частиц сахара покрывается пленкой из растворенного сахара, образуя мягкие конгломераты. При высушивании влага удаляется и конгломераты приобретают пористую структуру с очень большой площадью поверхности, но, несмотря на это, сахар не гигроскопичен. Если быстрорастворимый сахар высыпать в измерительный цилиндр с водой, то он растворяется уже во время оседания, не достигнув дна.

Мягкие сахара производят в Японии. Они различаются по чистоте, цветности и размеру кристаллов. *Мягкий белый сахар* высшего качества представляет собой сахар 1, 2, 3-й кристаллизации в отдельности или их смесь, вырабатываемую на рафинадных заводах; мягкий белый сахар среднего

качества - сахар 4-й и 5-й кристаллизации; мягкий желтый сахар - сахар 6-й кристаллизации. Чистота утфелей мягких сахаров следующая (в %): высшего качества - 99,2; среднего качества - 94; желтого сахара - 87%. Уваривание утфелей указанных сахаров отличается количеством сахарной пудры, употребляемой для затравки (от 3 до 500 г пудры на 15 м³ утфеля).

Особенностью производства мягких сахаров является промывка их при центрифугировании сначала водой, а затем инвертированным сиропом. Использование инвертированного сиропа необходимо для сохранения сахара достаточно мягким и предохранения его от затвердевания в процессе хранения и транспортирования.

Наиболее распространены следующие виды жидкого сахара - чистая сахароза, инвертированный сироп, специальные сиропы с добавками, вторые оттеки разных оттенков - бесцветного, соломенно-желтого, янтарного и темно-желтого. Выпуск различных видов сахара все время растет. Например, в США и Англии вырабатывают более 30% от общего производства сахара. Инвертированный сироп получают также и из нетрадиционного сырья - фиников, винограда, кленового и березового соков, из стеблей сахарного сорго. Сок, полученный из фруктов, последовательно обрабатывают катионообменными и анионообменными смолами для инвертирования сахаров и очистки.

Вырабатывают также заменители сахара: *натуральные* (глюкозные и глюкозно-фруктозные сиропы), *искусственные* (сахарин, цикламаты, дульцин, аспартам и др.).

Глюкозно-фруктозный сироп (ГФС) получают в основном из кукурузного крахмала, который гидролизуют до глюкозы, затем гидролизат обрабатывают ферментом глюкозоизомеразой, превращая часть глюкозы в фруктозу. Полученный жидкий сироп очищают и сгущают до СВ 70,71%. Такой сироп содержит примерно 50% глюкозы, 42% фруктозы, до 8% полисахаридов, имеет такой же сладкий вкус, как и сахароза. Производят ГФС в США, а также


в Японии, Канаде и других странах. В таблице 14.1 показаны некоторые виды сахаров вырабатываемых в заводских условиях.

Таблица 1. - Разновидности сахара.

<p>1. Сахар-песок тростниковый натуральный, г.Коммунарка.</p>	<p>2.Сахар тростниковый нерафинированный, г.Санкт-Петербург</p>	<p>3. Сахар тростниковый, г.Псков</p>
		 <p>Сахар тростниковый леденцовый колотый коричневый - 500 гр.</p>
<p>4. Нерафинированный, г.Добринка</p>	<p>5.Сахар природный тростниковый, г.Дубна</p>	<p>6.Коричневый сахар, г.Ижевск</p>
<p>Вводится в блюда для подкрашивания и придания им соответствующего вкуса Кроме того, жженный.</p> 		 <p>Состоит из кристаллов сахара, покрытых тростниковой мелассой с естественным ароматом и цветом.</p>

<p>7.Сахар тростниковый нерафинированный , г.Уфа</p>	<p>8. Сахар рафинад 0,9 кг , г.Пенза</p>	<p>9. Сахар рафинад сильного прессования, г.Пенза</p>
 <p>Нерафинированный тростниковый сахар обладает особым живым ароматом и вкусом.</p>	 <p>Сахар рафинад быстрорастворимый, масса 0,9 кг, упакован в гофрокороб по 20 шт.</p>	 <p>Сахар рафинад сильного прессования упакован в гофрокороб по 16 кг</p>
<p>10.Кусковой сахар прессованный твердый , г.Нижний Новгород</p>	<p>11. Сахар кусковой , г.Нижний Новгород</p>	<p>12. Сахар кусковой рафинад, г.Москва</p>
		
<p>13. Сахар кусочками, г.Москва</p>	<p>14. Сахар свекловичный , Архангельск</p>	<p>15. Сахар прессованный , Москва</p>
 <p>сахар кусковой прессованный в кубиках размером 20*18*13 мм и весом 6 грамм</p>	 <p>Благодаря высокому уровню содержания сахарозы, свекловичный сахар</p>	 <p>Вырабатывается в виде рафинированного сахара-песка и кускового сахара-рафинада</p>

	<p>наряду с тростниковым является лучшим подсластителем и хорошо растворяется в воде.</p>	<p>(прессованный колотый, прессованный со свойствами литого, быстрорастворимый, в том числе дорожный в мелкой упаковке и литой колотый).</p>
<p>16. Сахар прессованный , г.Брянск</p>	<p>17. Сахар прессованный , г.Дубна</p>	<p>18. Сахар прессованный быстрорастворимый , Коммунарка</p>
		
<p>19. Сахар мелкокристаллический , Екатеринбург</p>	<p>20. Сахар мелкокристаллический , Пенза</p>	<p>21. Сахар фасованный порционный, г.Краснодар</p>
		 <p>Порционный сахар используют в закусочных, столовых и клубах.</p>
<p>22. Сахарные стики , г.Краснодар</p>		

	<p>Сахарные стики - незаменимы для кафе, баров и ресторанов, также они являются наилучшим решением для организации питания в самолетах и поездах.</p>	<p>и т. д.</p>
---	---	----------------

Вопросы:

1. Из какого продукта получают глюкозно-фруктозный сироп (ГФС)?
2. Сухой помадный сахар готовят, из какого продукта?

ЛЕКЦИЯ №9

СГУЩЕНИЕ СОКА ВЫПАРИВАНИЕМ.

По значению выполняемых функций, сложности и стоимости в тепловой схеме центральное место занимает выпарная установка, которая состоит из отдельных аппаратов.

Сок II сатурации должен быть сгущен до сиропа с содержанием сухих веществ до $65\div 70\%$ при первоначальном значении этой величины $14\div 16\%$.

Выпарная установка позволяет расходовать на сгущение сока $40\div 50\%$ пара к массе всего сока за счет многократного использования парового тепла.

Сок поступает в I корпус, а затем проходит все корпуса установки последовательно и из концентратора удаляется сироп.

Ретурный пар используется только в I корпусе выпарной установки. Последующие корпуса обогреваются вторичными парами предыдущих корпусов. Из последнего корпуса соковый пар поступает на концентратор, а с него на конденсатор.

Число ступеней выпарной установки выбирается на основании технико-экономического расчета, в котором учитывается: капитальные затраты, эксплуатационные расходы. Увеличение числа ступеней выпарной установки (ВУ) приводит, с одной стороны, к уменьшению расхода греющего пара, что влечет за собой уменьшение эксплуатационных расходов, с другой стороны, к увеличению суммарной поверхности нагрева выпарных аппаратов, что приводит к увеличению капитальных затрат.

На выбор числа ступеней существенное влияние оказывает температурный режим ВУ, т.е. условие, что полезная разность температур в каждом корпусе должна быть не менее $6-8^{\circ}\text{C}$.

Образующийся в выпарных аппаратах и других теплообменниках конденсат систематически выводится в сборники через конденсатные колонки. Конденсат отработавшего пара используется для питания паровых котлов, а

конденсат вторичных паров - для нагрева различных промежуточных продуктов.

Необходимо постоянно отводить не конденсирующиеся газы из паровых камер, которые накапливаясь в верхней части греющих камер, препятствуют потоку притекать к поверхности теплообменника. Неконденсирующиеся газы из верхней части греющих камер по трубопроводам выводятся в пространство с давлением пара на одну ступень ниже, чем давление греющего пара. При таких условиях отводимый с газами пар не теряется бесполезно; кроме того, из-за разности давлений создается непрерывное движение газа от I корпуса к конденсатору смешения.

Для создания разрежения в последнем корпусе и концентраторе и удаления неконденсирующихся газов из системы в схему включена вакуум-конденсационная установка, состоящая из двух ступеней: предконденсатора, основного конденсатора, каплеуловителей, сборников барометрической воды и вакуум-компрессора.

При выпаривании в соке происходят химические превращения: снижение pH, нарастание цветности, образование осадков. Эти процессы протекают наиболее интенсивно в термолабильном соке, т.е. соке, неустойчивом к температурному воздействию.

Снижение pH обусловлено разложением в соке 0,04÷0,06% сахарозы, до 30% редуцирующих веществ и образованием органических кислот. Чтобы поддерживать необходимый pH в ВУ (примерно 7,5÷8,0), в сок перед II сатурацией добавляют тринатрийфосфат.

Цветность сиропа нарастает в результате разложения редуцирующих веществ и их взаимодействиями с аминокислотами, а также карамелизации сахарозы. Интенсивность этих реакций зависит от pH, t, концентрации реагирующих веществ, реагентов, продолжительности выпаривания, наличия ионов железа и прочих факторов.

Результатом образования осадков в сиропе при выпаривании является снижение растворимости солей Са, когда они оказываются в пересыщенном состоянии и их избыток выкристаллизовывается.

Одним из эффективных способов торможения реакции образования красящих веществ в ВУ является достижение достаточного полного разложения редуцирующих сахаров в процессе очистки сока и минимального разложения сахарозы при выпаривании. Немаловажное значение имеют также содержание оптимального уровня в кипятильных трубках и равномерное распределение греющего пара в греющих камерах выпарных аппаратов, что предохраняет поверхности нагрева в местах ввода пара от пригорания сахара.

Образование накипи на внутренней поверхности трубок выпарных аппаратов вследствие выделения и осаждения солей минерального происхождения постоянно снижает коэффициент теплопередачи и приводит к понижению производительности станции. Для восстановления нормальной работы выпарной станции применяются механические методы или химические методы очистки поверхности нагрева.

Иногда используют деминерализацию сока перед выпариванием путем пропускания его через ионообменные смолы.

Борьба с накипеобразованием в теплообменной аппаратуре возможна с помощью ультразвуковых колебаний, которые нарушают обычный процесс образования накипи и действуют разрушающе на нее.

1.1 Уваривание, кристаллизация и центрифугирование утфелей.

Кристаллизация сахара - завершающий этап в его производстве. Здесь выделяют практически чистую сахарозу из многокомпонентной смеси, которой является сироп.

В сокоочистительном отделении из диффузионного сока удаляется около 1/3 несахаров, остальные несахара вместе с сахарозой поступают в продуктивное

отделение, где большая часть сахарозы выкристаллизовывается в виде сахара-песка, а несахара остаются в межкристальном растворе.

Выход сахара на 75% зависит от потерь сахара в мелассе. Потери в продуктовом отделении определяют технико-экономические показатели завода. Качество сахара прямо связано с потерями его в мелассе. Задачей оптимизации технологического процесса является выбор между глубоким истощением мелассы и качеством песка.

Задача получения сахара стандартного качества решается с помощью многоступенчатой кристаллизации, при этом потери будут минимальны.

Наибольшее распространение получили двухступенчатая и трехступенчатая схемы продуктового отделения. Для получения сахара хорошего качества используют гибкие схемы, предусматривающие оперативное перераспределение потоков в соответствии с ситуацией на заводе.

Рациональная технологическая схема продуктового отделения должна иметь столько ступеней кристаллизации, чтобы суммарный эффект кристаллизации составлял 30-33%, а коэффициент завода составлял бы 80% при среднем качестве свеклы.

В достоинство трехпродуктовой схемы можно включить более высокий выход (37%) и высокое качество получаемого товарного продукта. От прочих схем она отличается прямоточностью, существует один рециркуляционный контур - возврат клеровки.

Исходным сырьем для продуктового отделения является сульфитированная смесь сиропа с клеровкой сахаров II кристаллизации и сахара-аффиныда III кристаллизации с чистотой не менее 92%.

Из этой смеси в вакуум-аппаратах I продукта уваривают утфель I кристаллизации до массовой доли сухих веществ 92,5%, при этом содержание кристаллов в утфеле составляет 55%.

Уваривание осуществляют в вакуум-аппаратах периодического действия, поэтому после уваривания утфель выгружается в буферную промежуточную емкость приемной мешалки. После выгрузки аппарат пропаривается экстра-

паром I корпуса выпарной установки и пропарка направляется в клеровочную мешалку. Если пропарка проводится ретурным паром, то ее можно направлять в приемную мешалку, где при смешивании с утфелем растворяется около 2÷3% кристаллов.

Утфель центрифугируют нагорячо ($t=70\div75^{\circ}\text{C}$), при этом рекомендуется использовать центрифуги с фактором разделения 1000. При фуговке отделяем 2 оттека. На первой стадии выделяется "зеленая" патока I, которая направляется в сборник под центрифугой и перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами, для создания запаса зеленой патоки для уваривания утфеля II.

По окончании отделения зеленой патоки в ротор центрифуги подается горячая артезианская вода в количестве 3,0÷3,5% по массе сахара, проводится пробелка сахара и выделяется II оттек утфеля I кристаллизации, который направляется в сборник под центрифугами, а затем перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами, где создается запас для уваривания утфеля II.

Разность доброкачественности оттеков должна быть 5÷7 единиц.

Выгруженный из центрифуг сахар-песок транспортируют для высушивания, охлаждения, отделения ферромагнитных примесей, комков сахара и пудры. Затем он поступает в бункеры, откуда в склад бестарного хранения или на упаковку.

Уловленную циклонами сахарную пыль, а также комочки сахара с виброконвейера и из сушильного барабана растворяют в очищенном соке и подают в клеровочные мешалки.

Белая и зеленая патоки используются для уваривания утфеля II (промежуточного) продукта. В процессе уваривания в начале в вакуум-аппарат забирается белая патока и в конце зеленая патока. Утфель II продукта уваривают до массовой доли сухих веществ 93÷94%, при этом содержание кристаллов в утфеле достигает 45%. Используют вакуум-аппараты периодического действия. После уваривания утфель выгружают в приемную мешалку. Вакуум-аппараты пропаривают экстра-паром I корпуса, пропарку

направляют в приемную мешалку. Из приемной мешалки утфель II кристаллизации нагорячо ($70\div 75^{\circ}\text{C}$) направляют на центрифугирование. Для этого рекомендуется использовать центрифуги непрерывного действия с коническим ротором, снабженным сегрегатором. Центрифугирование может проводиться с пробеливанием или без него. В любом случае после пробеливания оба отека соединяются в одном сборнике под центрифугами, а затем перекачиваются в сборник перед вакуум-аппаратами, для создания запаса для уваривания утфеля III продукта.

Желтый сахар II шнеком направляют в клеровочную мешалку, где растворяют сульфитированным соком II сатурации или сиропом.

Клеровка с массовой долей сухих веществ $65\div 72\%$ направляется в сборник сиропа после выпарной установки, где смешивается с сиропом и направляется на сульфитацию, а затем используется для уваривания утфеля I.

Из белой и зеленой патоки II уваривают утфель III кристаллизации в вакуум-аппаратах периодического действия до значения массовой доли СВ= $94\div 96\%$, при этом содержание кристаллов в утфеле $35\div 37\%$. Дальнейшее сгущение и кристаллизация в вакуум-аппаратах невозможна, т.к. вязкость утфеля становится чрезмерно высокой, но межкристалльный раствор утфеля в вакуум-аппаратах недостаточно истощен. Чистота раствора составляет $65\div 67\%$. Из него еще можно выделить сахарозу. Истощение раствора считается нормальным, когда чистота его уменьшается до $55\div 58\%$. т.е. для дальнейшего истощения необходимо провести второй этап кристаллизации утфеля III методом охлаждения - для этого утфель выгружают в приемную мешалку утфеля III.

Вакуум-аппараты пропаривают экстра-паром I корпуса выпарки, пропарка направляется в приемную мешалку и перемешивается с утфелем. Из приемной мешалки утфель направляют в батарею кристаллизаторов с вращающейся поверхностью охлаждения, при движении по кристаллизатору температура утфеля уменьшается с 70°C до 35°C . За счет уменьшения растворимости сахароза выделяется из раствора на поверхности кристаллизатора, за счет этого чистота межкристалльного раствора

уменьшается примерно на 10 единиц (от 65 до 55%), а содержание кристаллов в утфеле повышается от 35÷37% до 44÷48%. Из последнего кристаллизатора утфель непрерывно подается в утфелераспределитель с вращающейся поверхностью теплообмена. В утфелераспределителе осуществляется подготовка утфеля III продукта к центрифугированию методом подогрева, раскочки при подогреве с 30÷35 до 40÷45°C, при раскочке температура постоянна.

Разделение утфеля III кристаллизации осуществляется в центрифугах периодического действия с фактором разделения 1500 или центрифугах непрерывного действия с двумя коническими роторами, при этом в первом роторе выделяется меласса, во втором проводится аффинация желтого сахара. При переходе желтого сахара с первого ротора на слой желтого сахара подается аффинирующий раствор: зеленая патока I, разбавленная до массовой доли сухих веществ 75% и подогретая до $t=80^{\circ}\text{C}$. Со второго ротора отводится аффинационный оттек, который собирается в сборник под центрифугой и перекачивается в сборник перед вакуум-аппаратами. Из сборника перед вакуум-аппаратом отбирается на уваривание утфеля III на последние подкачки.

При использовании центрифуг периодического действия в центрифуге выделяется меласса, желтый сахар выгружается в аффинационную мешалку, куда подается аффинирующий раствор (разбавленная зеленая патока I в количестве 60% по массе желтого сахара). В мешалке желтый сахар 10 минут перемешивается с аффинирующим раствором и насосом подается на центрифугирование. Рекомендуется использовать центрифуги непрерывного действия с коническим ротором. При центрифугировании выделяется один аффинационный оттек. Желтый сахар III выгружается и шнеком подается в клеровочную мешалку, где растворяется с желтым сахаром II сульфитированным соком II сатурации или сиропом.

Меласса - отход производства, взвешивается и направляется в мелассохранилище.

При изменении качества перерабатываемой заводом свеклы необходимо производить соответствующую корректировку трехкристаллизационной схемы:

а) при переработке свеклы с полученным сиропом из ВУ доброкачественностью 91÷92% часть первого оттека утфеля I направляют на уваривание утфеля III кристаллизации;

б) при получении сиропа с Дб=90% переходят на работу по двухкристаллизационной схеме.

Целесообразно также применять трехкристаллизационную схему ВНИИСП, которая имеет следующие отличительные особенности:

утфель III уваривают на кристаллической основе утфеля II из общего оттека утфеля II и аффинационного оттека;

аффинационный утфель центрифугируют совместно с утфелем II.

При поступлении на уваривание должны выполняться следующие качественные требования к продуктам: сироп в смеси с клеровкой должен содержать не менее 65% массовой доли СВ, быть прозрачным и иметь рН 7,8÷8,2, содержание солей Са 0,12÷0,5% СаО к массе сиропа, цветность не более 40 усл. ед.

Получаемый сахар-песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 21-78.

Эффект кристаллизации утфеля I должен составлять 12÷13 ед., утфеля II - 5-7 ед., утфеля III - 10÷12 ед.

ЛЕКЦИЯ №10

Технологические параметры процесса кристаллизации.

При уваривании утфелей происходит:

увеличение цветности в результате разложения редуцирующих веществ, в основном, меланоидинов. В конце уваривания цветность утфеля III увеличивается в несколько раз, а утфеля I и II - в $1,5 \div 2$ раза.

понижение pH, из-за разложения редуцирующих сахаров образуются органические кислоты, способствующие увеличению инверсии.

1.2 Сушка, охлаждение и хранение сахара.

Целью сушки является удаление поверхностной влаги и обеспечение длительного хранения кристаллического сахара. На сушку направляется сахар с $t=60^{\circ}\text{C}$ после центрифугирования и влажностью $0,8 \div 1,2\%$.

Для обеспечения длительного хранения влажность должна соответствовать относительной влажности хранилища. Влажность и температуру нормируют в зависимости от способа хранения.

Существуют два способа хранения: тарный в мешках 50 кг влажность до $0,14\%$ и температура до 25°C и бестарный - в силосах емкостью $10000 \div 20000$ т влажностью не более $0,04\%$ и t до 22°C .

После центрифуг сахар-песок влажностью $0,8 \div 1,8\%$ подают виброконвейером к элеватору. Влажный сахар поднимается элеватором и попадает в сушильную часть установки, где высушивается горячим воздухом ($t=105^{\circ}\text{C}$). Сушка производится в прямотоке, что позволяет не превышать критическую температуру разложения сахарозы (85°C). Охлаждение сахара осуществляется в противотоке, температура сахара понижается до 20°C .

Высушенный и охлажденный сахар-песок подается на машину рассева, где отделяются конгломераты и мелкие фракции. Для бестарного хранения формируются фракции с коэффициентом однородности до 10% . После отсева

сахар направляется в бункера, находящиеся в упаковочном отделении, из которых затаривается в мешки, взвешивается, зашивается и ленточным транспортером направляется в склад.

При бестарном хранении сахар подается в дозреватель для удаления внутренней влаги из объема кристалла за счет диффузии приблизительно на 10 суток, после чего сахар направляется в силос.

1.3 Получение известкового молока и сатурационного газа.

Известь (CaO) и сатурационный газ, используемые при очистке диффузионного сока и клеровки тростникового сахара-сырца, получают непосредственно на свеклосахарном заводе путем обжига известнякового камня в вертикальных известково-газовых печах. Такая печь работает непрерывно: известняковый камень и топливо поступают в нее сверху, печную известь отбирают снизу, а сатурационный газ - из верхней части через коллектор.

Из склада хранения известняк конвейером подают на сортировку. Отсортированный известняк конвейером подают в бункер-накопитель топлива. Топливо подают через дозатор. Известняк вместе с ковшем скипового подъемника взвешивают на весах.

Перед использованием известняковый камень дробят на щековой дробилке до размера кусков $80 \div 200$ мм, отсеивают от них мелочь и смешивают с топливом в соотношении: $92,0 \div 92,5\%$ известнякового камня и $7,5 \div 8,0\%$ условного топлива. Такую смесь называют шихтой.

После дозировки порции шихты ковш по направляющим поднимается кверху печи. При опрокидывании его шихта высыпается в загрузочную воронку. Герметичность загрузочной воронки обеспечивает клапан.

Полученный в результате обжига известняка сатурационный газ из балки отсоса газа попадает в сухую ловушку, а затем в газопромыватель для окончательной очистки и охлаждения водой. Затем через каплеулавливатель газ

поступает в компрессор, который подает его в завод. Для поддержания разрежения в газопромывателе и каплеулавливателе удаление воды в них осуществляется через гидрозатвор.

Обожженная известь по направляющему желобу поступает в известегаситель, куда из сборника подают воду. Полученное известковое молоко поступает на вибросито, где отделяются частицы размером более 1,2 мм, затем в мешалку, гидроциклоны - для отделения частиц от 1,2 до 0,3 мм - и в мешалку известкового молока. Из мешалки насосом подают на дефекацию. Цикл обжига известняка составляет 24 ч. При этом из 1785 кг CaCO_3 получают 1000 кг CaO и 400 м³ CO_2 .

Контрольные вопросы.

Расскажите процесс очистки диффузионного сока.

Как проводят сгущение сока выпариванием?

Как проводят уваривание, кристаллизацию и центрифугирование утфелей?

Как проводят сушку, охлаждение и хранение сахара?

Как получают известковое молоко и сатурационный газ?

ЛЕКЦИЯ №11

ОЧИСТКА ДИФФУЗИОННОГО СОКА.

Диффузионный сок - поликомпонентная система. Он содержит сахарозу и несахара, представленные растворимыми белковыми, пектиновыми веществами и продуктами их распада, редуцирующими сахарами, аминокислотами и др.

Все несахара в большей или меньшей мере препятствуют получению кристаллической сахарозы и увеличивают потери сахарозы с мелассой. Поэтому одной из важнейших задач технологии сахарного производства является максимальное удаление несахаров из сахарных растворов. Для решения этой задачи применяются физико-химические процессы очистки. Несахара диффузионного сока различны по химической природе и в силу этого обладают широким спектром физико-химических свойств, что обуславливает различную природу реакций, приводящих к удалению их из осадка. При использовании в качестве реагентов для очистки гидроксида кальция и диоксида углерода осуществляются реакции коагуляции, осаждения, разложения, гидролиза, адсорбции и ионообмена.

Эти мероприятия направлены на решение двух основных задач: повышение общего эффекта очистки, который до настоящего времени не превышает 40%, и сокращение расхода реагентов.

Очищенный в пульполовушках диффузионный сок поступает в подогреватели для нагрева до температуры $(85 \div 90)^\circ\text{C}$ и затем направляется в котел прогрессивной преддефекации. В последнюю секцию вводится известковое молоко в количестве $(0,2 \div 0,3)\%$ к массе свеклы, обеспечивающим выход сока из него с рН $10,8 \div 11,6$. На преддефекации, где сок достигает метастабильного состояния рН $8,5 \div 9,5$, вводится вся сгущенная суспензия сока II сатурации, а также 150% к массе свеклы сока I сатурации (нефильтрованного). Холодная преддефекация (температура до 50°C) длится $(20 \div 30)$ минут, теплая (температура $50 \div 60^\circ\text{C}$) - 15 минут.

Из преддефекатора сок без подогрева поступает в аппарат на холодную (теплую) основную дефекацию, где смешивается с известковым молоком (1,0,1,8)% CaO массы свеклы. Оптимальная длительность холодной дефекации (20÷30) минут, теплой - 15 минут.

После холодной дефекации сок нагревается до температуры (85÷90)оС в подогревателях и подается в дефекатор (горячая дефекация), где выдерживается 10 минут. На выходе из дефекатора к соку добавляется известковое молоко (0,5÷0,7)% CaO к массе свеклы для повышения фильтровальных свойств сока I сатурации. Далее дефекованный сок поступает в циркуляционный сборник, где смешивается с (5÷7) кратным количеством сока I сатурации, рециркулируемого по внешнему контуру, и в аппарате I сатурации сатурируется в течение 10 минут до рН 10,8÷11,6. Затем сок самотеком поступает в сборник и насосом через подогреватель перекачивается в напорный сборник, расположенный примерно на высоте 6 м над листовыми фильтрами.

В ФИЛСах сок I сатурации разделяется на фильтрат и сгущенную суспензию. Достоинствами ФИЛС являются: простота конструкции, малая металлоемкость, малая занимаемая площадь, в (3÷5) раз меньше затрат времени на фильтрование, а так же более высокое (в 1,5÷2 раза) содержание твердой фазы в суспензии, что повышает производительность вакуум-фильтров.

Суспензия через нижний сборник и верхний напорный сборник направляется в вакуум-фильтры, где после отделения и промывания фильтрованный осадок выводится в отходы, а фильтрат отделяется в ресивере и смешивается с нефилтрово-ванным соком I сатурации в нижнем сборнике.

Применение вакуум-фильтров обусловлено полным отделением частиц осадка от сока и промывки осадка от сахарозы.

К фильтрованному соку, поступающему из ФИЛС, добавляют известковое молоко (0,2÷0,5)% CaO к массе свеклы, нагревают смесь до

температуры $(92\div 95)^{\circ}\text{C}$ и в течение $4\div 5$ минут подвергают дополнительной дефекации в дефекаторе.

Из дефекатора сок самотеком поступает в сатуратор, где в течение 20 минут сатурируется до оптимальной щелочности $(0,01\div 0,025)\%$ CaO (pH $9\div 9,5$), затем насосом через нижний сборник перекачивается в напорный сборник, фильтруется на листовых фильтрах и подается в сульфитатор, где его обрабатывают сульфитированным газом $(10\div 12)\%$ SO₂ до щелочности $0,05\div 0,1\%$ CaO (pH $8,5\div 8,8$).

Сульфитированный газ получают путем сжигания серы в серосжигательных печах. Газ охлаждают в сублиматоре и вентилятором подают в нижнюю часть сульфитатора. Сульфитированный сок в начале насосом подается на диско-вые фильтры. Фильтрованный сок направляют на выпарную станцию.

Сгущенная суспензия сока II сатурации из сборника возвращается на преддефекацию, где кристаллы карбоната кальция этой суспензии, обладающие достаточно высоким положительным χ -потенциалом, используются как затравочные центры для осаждения коагулирующих несахаров.

При переработке свеклы хорошего качества применяют более простую схему очистки диффузионного сока с горячей оптимальной преддефекацией (когда диффузионный сок нагревают до температуры $85\div 90^{\circ}\text{C}$ и вводят в него сразу всю известь, необходимую для достижения оптимального pH), возвратом сока или сгущенной суспензии сока I сатурации на преддефекацию, горячей основной дефекацией, без дефекации перед II сатурацией.

Преимущество типовой схемы перед схемой очистки диффузионного сока с горячей оптимальной преддефекацией состоит в том, что холодная (теплая) прогрессивная преддефекация (ППД) с противоточным движением извести и сока позволяет полнее осадить вещества коллоидной дисперсности, не разлагая их в щелочной среде, и получить плотный и устойчивый к пептизации коагулят.

При возврате сгущенной суспензии сока II сатурации (вместо нефильтрованного сока или сгущенной суспензии сока I сатурации) в несколько раз уменьшается рециркуляция больших масс сока, что положительно влияет на его термоустойчивость и качество.

В процессе холодной основной дефекации (ОД) в соке растворяется в 3÷4 раза больше извести, чем при горячей. Позднее, когда сок нагревается, и проводится горячая дефекация, большая часть растворенной извести в осадок не выпадает, а осаждается в пересыщенном состоянии, что обеспечивает более глубокое разложение несахаров. Для этой же цели предназначена и дополнительная дефекация перед II сатурацией. Кроме разложения несахаров, введение извести перед II сатурацией дает возможность повысить эффективность адсорбционной очистки сока карбонатом кальция.

Все основные мероприятия, позволяющие добиться максимально возможного выхода сахара необходимого качества при переработке свеклы пониженного качества, заложены в типовой схеме.

К дополнительным радикальным мероприятиям по повышению качества и выхода сахара можно отнести отделение преддефекованного осадка, замену сока I сатурации при возврате на преддефекацию (ПД) сгущенной суспензии.

В качестве экстремальной меры можно использовать проведение "мгновенной" дефекации, т.е. осуществление дефеко-сатурации при пониженном значении рН. В этом случае, чтобы устранить пенение диффузионного сока в пред-сатураторе, его предварительно нагревают до (55÷60)°С, смешивают с суспензией сока II или I сатурации до рН 20 8,5÷9,0 и подают в сборник рециркулятор внешнего рециркуляционного контура предсатуратора.

При переработке свеклы порченной с наличием корнеплодов, пораженных слизистым бактериозом, для улучшения фильтрования рекомендуется применять раствор активированного полиакриламида.

Целью преддефекации является максимальное осаждение веществ коллоидной дисперсности и высокомолекулярных соединений (ВМС -

пектиновые и красящие вещества, полисахариды) и образование осадка, структура которого была бы достаточно устойчивой к разрушающему воздействию ионов Са в условиях высокой щелочности и температуры на ОД. ППД позволяет при постоянном добавлении извести добиться постепенного нарастания щелочности (Щ), при этом достигаются благоприятные условия для коагуляции не только рН 11,0, но и более низких его значениях, что дает возможность заметно ускорить фильтрование сока I сатурации, т.е. позволяет выполнить цель процесса ПД. Добавление сгущенной суспензии осадка сока I сатурации в зону со значением рН<10 дает возможность получить осадок с лучшими фильтрационными свойствами, т.к. выпадающие в осадок частицы коагулята будут ионы Са²⁺ связываться частицами возврата, содержащими СаСО₃, в более жесткие агрегаты. Здесь происходят реакции коагуляции и осаждения. Ион Са²⁺ с анионами щавелевой, лимонной, винной, оксилимонной, фосфорной и в слабой степени серной кислоты образует соли Са, нерастворимые в воде. Осаждение происходит постепенно в интервале рН₂₀ 9,0÷11,5 вместе с агрегатами высокомолекулярных соединений, но полностью они выпадают в осадок лишь на сатурации после снижения щелочности в результате адсорбции анионов карбонатом Са²⁺ и осаждения Са²⁺ в виде СаСО₃. Также идут реакции коагуляции и осаждения высокополимеров. Коагулируют белки, сапонины, красящие вещества.

Комбинированная холодно или тепло-горячая ОД позволяет повышать растворимость извести в дефекованном соке, обеспечивать термоустойчивость продуктов и одновременно снижать их цветность.

На основной холодно-горячей дефекации идут реакции: разложение амидов кислот и солей аммония, дающих с известью растворимые соли Са; разложение редуцирующих веществ (РВ); при этом образуются 2 группы кислот:

- 1) дающие с ионами Са²⁺ осадки;
- 2) дающие с ионами Са²⁺ растворимые соли, часть из которых окрашена;

Разложение пектиновых веществ (ПВ). Полностью провести реакцию разложения на основной дефекации нельзя, но стремиться к этому нужно, т.к. незаконченные реакции разложения приводят к разложению инвертного сахара, при этом снижается рН и повышается цветность (ЦВ); падению Щ на выпарке; усилению пенообразования. На ОД подается избыток извести, большая растворимость извести в соке на холодной ступени дает возможность, сатурируя пере-насыщенный известью горячий сок получать на I сатурации сок с мелкими однородными кристаллами CaCO_3 , обладающей повышенной фильтрационной и адсорбционной способностью.

Цель первой сатурации - очистка сока методом адсорбции и получение осадка CaCO_3 с хорошими фильтрационными свойствами. Происходит адсорбция солей Са и некоторых кислот, представляющих собой продукты щелочного распада инвертного сахара, образовавшегося на ОД. Особое значение имеет адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ), замедляющих процесс кристаллизации и ухудшающих качество продукции.

Дополнительной дефекацией перед II сатурацией достигают разложение оставшихся в соке ПВ и дополнительного разложения амидов, повышается эффект очистки и уменьшается ЦВ и содержание солей Са.

II сатурация необходима для промежуточного отделения осадка несугаров при избыточной Щ, которая необходима для предотвращения перехода осажденных солей Са снова в раствор сока. При проведении II сатурации нужно как можно полнее осадить ионы Са, довести активную Щ до такой величины, которая обеспечивала бы эффективное проведение сульфитации и минимальное разложение сахарозы при выпаривании, получение термоустойчивого сока и сиропа.

Основные цели сульфитации: обесцвечивание соков путем восстановления красящих веществ в бесцветные соединения, уменьшение Щ и вязкости сиропа путем замены K_2CO_3 на K_2SO_3 . Основным эффектом сульфитации заключается в предотвращении образования красящих веществ.

При выборе схемы очистки диффузионного сока из свеклы того или иного качества необходимо руководствоваться требованиями к технологическим показателям диффузионного сока и сока очищенного. Критерием в этом должен быть максимальный выход сахара, соответствующего показателям ГОСТ, при оптимальном расходе извести.

Достижение поставленных требований обеспечивают соблюдение оптимальных параметров и использованием вспомогательных материалов (флокулянтов, пеногасителей, подщелачивающих агентов) для интенсификации процессов.

Технологические параметры процесса ПД.

Холодная Теплая Температура, оС 40-50 50-60. Длительность процесса, мин 20-30 12-15. рН20 преддефекованного сока, ед. 10,8-11,2 10,8-11,2
Количество возврата, % к массе свеклы: сгущенная суспензия, % 10-20 10-20.
сок I сатурации, % 30-100 30-100 скорость отстаивания см/мин 1,5-3,0 1,5-3,0

1.2 Технологические параметры процесса ОД.

Холодная Теплая Горячая Температура, оС 40-50 50-60 85-90 Расход извести, % к массе НСХ диффузионного сока 85-120 85-120 (% к массе свеклы) (2,0-3,0) (2,0-3,0) Щ по ф-ф, % СаО 0,8-1,1 0,8-1,1 0,8-1,1 Оптимальная длительность с учетом возврата, мин 20-30 10-15 5-10

1.3 Технологические параметры процесса I сатурации.

Длительность, мин 10 рН20 сока, ед. 10,8-11,2; Содержание СО2 в сатурационном газе, % 28-35; Давление сатурационного газа, МПа 0,04-0,06; Количество рециркулирующего сока I сатурации, % (регулируется в зависимости от качества диф. сока) 300-800; Средняя скорость отстаивания, см/мин 2,5-5,0; Коэффициент использования сатурационного газа, % 65-75.

1.4 Технологические параметры процесса дефекации перед II сатурацией.
Температура, °C 90-96; Длительность, мин 2-5; Щ по метилоранжу, %
CaO 0,2-0,6; Расход извести, % от общего 10-25 - для порченной свеклы 30.

1.5 Технологические параметры процесса II сатурации.
Длительность, мин 10 рН20, ед. 9,2-9,7; Содержание CO₂, % 28-35;
Цветность, усл. ед. не более 18; Содержание солей Ca, % CaO 0,03-0,10;
Доброкачественность, % 88-92.

1.6 Технологические параметры процесса сульфитации.
рН20 сока 8,9-9,2 рН20 сиропа 8,0-8,5 рН20 клеровки перед
сульфитацией не ниже 7.2; Содержание свободных сульфитов в соке и сиропе,
% SO₂ к массе продукта 0,002-0,003.

Контрольные вопросы.

Как хранят свеклу?

Как производят подачу свеклу в завод?

Как производят мойку свеклы?

Расскажите процесс получения свекловичной стружки и диффузионного сока.

Расскажите процесс очистки диффузионного сока.

Как проводят сгущение сока выпариванием?

ЛЕКЦИЯ №12

СУШКА, ОХЛАЖДЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ САХАРА.

Целью сушки является удаление поверхностной влаги и обеспечение длительного хранения кристаллического сахара. На сушку направляется сахар с $t=60^{\circ}\text{C}$ после центрифугирования и влажностью $0,8\div 1,2\%$.

Для обеспечения длительного хранения влажность должна соответствовать относительной влажности хранилища. Влажность и температуру нормируют в зависимости от способа хранения.

Существуют два способа хранения: тарный в мешках 50 кг влажность до $0,14\%$ и температура до 25°C и бестарный - в силосах емкостью $10000\div 20000$ т влажностью не более $0,04\%$ и t до 22°C .

После центрифуг сахар-песок влажностью $0,8\div 1,8\%$ подают виброконвейером к элеватору. Влажный сахар поднимается элеватором и попадает в сушильную часть установки, где высушивается горячим воздухом ($t=105^{\circ}\text{C}$). Сушка производится в прямотоке, что позволяет не превышать критическую температуру разложения сахарозы (85°C). Охлаждение сахара осуществляется в противотоке, температура сахара понижается до 20°C .

Высушенный и охлажденный сахар-песок подается на машину отсева, где отделяются конгломераты и мелкие фракции. Для бестарного хранения формируются фракции с коэффициентом однородности до 10% . После отсева сахар направляется в бункера, находящиеся в упаковочном отделении, из которых затаривается в мешки, взвешивается, зашивается и ленточным транспортером направляется в склад.

При бестарном хранении сахар подается в дозреватель для удаления внутренней влаги из объема кристалла за счет диффузии приблизительно на 10 суток, после чего сахар направляется в силос.

4.10. Получение известкового молока и сатурационного газа.

Известь (CaO) и сатурационный газ, используемые при очистке диффузионного сока и клеровки тростникового сахара-сырца, получают непосредственно на свеклосахарном заводе путем обжига известнякового камня в вертикальных известково-газовых печах. Такая печь работает непрерывно: известняковый камень и топливо поступают в нее сверху, печную известь отбирают снизу, а сатурационный газ - из верхней части через коллектор.

Из склада хранения известняк конвейером подают на сортировку. Отсортированный известняк конвейером подают в бункер-накопитель топлива. Топливо подают через дозатор. Известняк вместе с ковшом скипового подъемника взвешивают на весах.

Перед использованием известняковый камень дробят на щековой дробилке до размера кусков $80 \div 200$ мм, отсеивают от них мелочь и смешивают с топливом в соотношении: $92,0 \div 92,5\%$ известнякового камня и $7,5 \div 8,0\%$ условного топлива. Такую смесь называют шихтой.

После дозировки порции шихты ковш по направляющим поднимается к верху печи. При опрокидывании его шихта высыпается в загрузочную воронку. Герметичность загрузочной воронки обеспечивает клапан.

Полученный в результате обжига известняка сатурационный газ из балки отсоса газа попадает в сухую ловушку, а затем в газопромыватель для окончательной очистки и охлаждения водой. Затем через каплеулавливатель газ поступает в компрессор, который подает его в завод. Для поддержания разрежения в газопромывателе и каплеулавливателе удаление воды в них осуществляется через гидрозатвор.

Обожженная известь по направляющему желобу поступает в известегаситель, куда из сборника подают воду. Полученное известковое молоко поступает на вибросито, где отделяются частицы размером более 1,2 мм, затем в мешалку, гидроциклоны - для отделения частиц от 1,2 до 0,3 мм - и в мешалку известкового молока. Из мешалки насосом подают на дефекацию. Цикл обжига

известняка составляет 24 ч. При этом из 1785 кг CaCO_3 получают 1000 кг CaO и 400 м³ CO_2 .

Контрольные вопросы.

Расскажите современное состояние и перспективы развития сахарного производства.

Расскажите основные положения технологии свекловичного сахара.

Расскажите основные положения технологии тростникового сахара.

Какое сырьё используется для производства сахара?

Какие разновидности сахара вырабатываются на современных заводах?

Как производят приемку сахарной свеклы?

Как хранят свеклу?

Как производят подачу свеклу в завод?

Как производят мойку свеклы?

Расскажите процесс получения свекловичной стружки и диффузионного сока.

Расскажите процесс очистки диффузионного сока.

Как проводят сгущение сока выпариванием?

Как проводят уваривание, кристаллизацию и центрифугирование утфелей?

Как проводят сушку, охлаждение и хранение сахара?

Как получают известковое молоко и сатурационный газ?

Мунир Мазгутович Гафин
Юлия Рамилевна Гирфанова

«ТЕХНОЛОГИЯ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2021.- 70 с.

