

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Методические указания

по дисциплине (модулю)

**Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и
субтропических культур
часть 1**

для обучающихся по направлению подготовки научно-
педагогических кадров в аспирантуре

19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии
направленность «Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и
субтропических культур»

**Краснодар
2014**

Методические указания подготовлены преподавателями кафедры хранения и переработки растениеводческой продукции:

д.т.н., проф. Родионовой Л.Я.;

к.т.н., доц. Соболев И.В.;

д.т.н., проф. Донченко Л.В.

Методические указания одобрены на заседании методической комиссии факультета перерабатывающих технологий

Протокол № 2 от 16.10.2014г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Техника безопасности при работе в химической лаборатории.....	5
Занятие №1. Исследование качества сахарной свеклы для промышленной переработки.....	7
Занятие №2. Определение оптимального технологического режима очистки диффузионного сока при переработке свеклы различного качества.....	13
Занятие №3. Исследование качества известняка, извести и известкового молока.....	18
Занятие №4. Определение содержания сернистой кислоты в продуктах сахарного производства.....	24
Занятие №5. Исследование технологических качеств тростникового сахара-сырца	26
Список рекомендуемой литературы.....	29
Приложение.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания подготовлены в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии».

Цель пособия – научить контингент обучающихся методам исследования качества сахарной свеклы и сахара-сырца как сырья для производства сахара, обосновывать и подбирать режимы очистки диффузионного сока при переработке свеклы различного качества, анализировать и оценивать готовую продукцию (сахар-песок) и побочную продукцию (мелассу) на основе их органолептических и физико-химических показателей качества, уметь исследовать качества известнякового камня, извести и получаемого известкового молока, а также химических реагентов для дополнительной очистки сахаросодержащих растворов.

Для более глубокого усвоения лекционного материала и его увязки с лабораторным практикумом, а также для лучшего понимания студентами специфики проводимых ими исследований в каждой работе приводятся краткие теоретические сведения, где отражена ее связь с технологическими процессами сахарного производства.

В каждой работе сформулированы и выделены цель и принцип, на котором основан, выполняемый метод анализа, определены необходимые приборы, материалы и реактивы, изложена методика анализов и расчетов, которые в ряде работ дополнены конкретными примерами.

По каждой работе составляется отчет, содержащий: наименование темы, цель работы, краткое описание методики выполненной работы, протокол испытаний (таблица результатов анализов), расчеты и выводы.

Для контроля усвоения изучаемого материала и последующей защиты выполненных работ в каждой работе предусмотрены контрольные вопросы.

При выполнении работ обучающийся должен соблюдать правила по технике безопасности.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

При работе в химической лаборатории необходимо соблюдать правила техники безопасности и противопожарные мероприятия.

Все работающие в лаборатории должны пройти инструктаж по технике безопасности, что фиксируется в специальном журнале. Для работы в лаборатории необходим халат, который надевается перед началом работы и застегивается на все пуговицы.

При выполнении анализов нужно соблюдать осторожность, быть внимательным, все операции проводить аккуратно, без спешки. Особое внимание следует обращать на чистоту рук. Если на них попадают реактивы или другие загрязнения, то руки необходимо сразу мыть. В лаборатории должны быть два полотенца: для рук и для посуды, которые должны существенно отличаться цветом или фактурой материала. Категорически запрещается принимать пищу из лабораторной посуды или за лабораторными столами.

Стеклянные приборы: колбы, стаканы, пробирки изготовлены в основном из тонкостенного стекла, поэтому обращаться с ними нужно аккуратно - их следует осторожно переставлять с места на место, нельзя сжимать пальцами, при мытье не нажимать сильно на дно и стенки моющими приспособлениями. В случае пореза стеклом из ранки извлекают осколки стекла, смазывают йодом или другим заменяющим его средством, забинтовывают или заклеивают лейкопластырем.

При пользовании реактивами требуется выполнять особые правила. Нельзя использовать реактивы, на склянках с которыми отсутствует надпись с наименованием. Твердые реактивы для взвешивания или других целей берут специальным шпателем или ложечкой, избегая попадания реактива на руки. Категорически запрещается пробовать реактивы на вкус. Нюхать химические реактивы нужно очень осторожно, не наклоняясь над ними и не вдыхая полной грудью.

Жидкие реактивы следует перемешивать осторожно, не допуская разбрызгивания или проливов. При разбавлении концентрированных серной и азотной кислот приливают кислоту осторожно (по стенке сосуда) к воде, а не наоборот, так как при этом возможно вскипание воды и разбрызгивание. Если концентрированная кислота попала на кожу, то необходимо пораженное место сначала обильно промыть водой, затем разбавленным раствором двууглекислого натрия массовой долей 2-3%. Если твердые кусочки щелочи или ее концентрированного раствора попали на кожу, то нужно промыть пораженное место сначала водой, затем разбавленным раствором уксусной или борной кислоты массовой долей 2%. Концентрированные кислоты, щелочи и другие агрессивные жидкости точно отмеривают пипеткой с резиновой грушей.

С легковоспламеняющимися и выделяющими летучие, ядовитые и другие фракции веществами можно работать только в вытяжном шкафу при опущенной дверце. Хранить их нужно также в вытяжном шкафу.

Для нагревания следует использовать только термостойкую стеклянную или фарфоровую посуду. Нельзя наклоняться над кипящей жидкостью при выпаривании или кипении различных растворов. Нагревать можно только открытые (сообщающиеся с атмосферой или вакуумом) сосуды. Запрещается герметично закрывать сосуд с

горячей жидкостью, так как в результате конденсации паров образуется вакуум, и сосуд легко может быть раздавлен атмосферным воздухом.

Все электрические приборы должны быть заземлены и снабжены исправными предохранителями. Перед включением прибора студент должен ознакомиться с инструкцией по эксплуатации прибора и проверить его исправность. Если прибор неисправен, включение его недопустимо. Нельзя оставлять включенный прибор без наблюдения.

При термических ожогах первой и второй степени обожженное место присыпают двууглекислым натрием или прикладывают примочки из 2 %-ного раствора двууглекислого натрия, 5 %-ного марганцовокислого калия или 96 %-ного этилового спирта.

На случай возникновения пожара в лаборатории всегда должны быть два выхода, она должна быть оснащена исправными огнетушителями, ящиком с песком, асбестовым одеялом. Загоревшиеся вещества легче воды, которые в ней не растворяются (бензин, масло), следует тушить песком или накрывать асбестом. Для оказания первой медицинской помощи необходимо воспользоваться аптечкой, в которой всегда должны быть бинты, жгут, гигроскопическая вата, 3 %-ный раствор йода, 2 %-ные растворы уксусной и борной кислот, 3 %-ный раствор двууглекислого натрия, коллодий, нашатырный спирт, сердечные, болеутоляющие средства, активированный уголь.

работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Цель работы: 1. Определить качество нескольких образцов (проб) сахарной свеклы и сравнить полученные показатели с требованиями ГОСТ 17421- 82 “Свекла сахарная для промышленной переработки”.

2. Определить содержание балластных примесей в поступающей в переработку свекле и оценить их влияние на снижение ее сахаристости.

Теоретические сведения

Сахарное производство одно из самых материалоемких. В себестоимости его готовой продукции 80-85 % составляют затраты на сырье, рациональное использование которого в значительной степени влияет на экономическую эффективность отрасли.

В связи с этим на сахарных заводах большое внимание должно уделяться контролю качества свеклы, основными критериями которого являются загрязненность и сахаристость корнеплодов.

Анализ качества свеклы в условиях сахарного производства выполняется многократно: во время роста свеклы, при приемке свеклы и укладке в кагаты или сплавные площадки, во время хранения свеклы, при поступлении в переработку.

При механизированной уборке в поступающей с полей свекле кроме земли содержится много травы, ботвы и свекловичного боя.

Для точного учета количества поступившей на завод свеклы и принятой с ней сахарозы в сырье определяют загрязненность его примесями и сахаристость корнеплодов.

К общей загрязненности (ОЗ) свеклы относят землю, камни, ботву, сухие листья, сорняки, боковые корешки и хвостики диаметром менее 1 см, зеленую массу (зеленые листья, черешки листьев, ростки и сорные растения).

Общая загрязненность корнеплодов, поступающих на завод, составляет 5-20 %, из них до 25 % с частично несрезанной ботвой.

Свободные примеси легко отделяются от корнеплодов при выгрузке и укладке их в кагаты, а связанные с корнеплодом примеси, попадая в кагаты, снижают пористость свекломассы и ухудшают приток кислорода воздуха, создавая тем самым благоприятные условия для анаэробного дыхания свеклы в кагатах.

Наличие зеленой массы способствует повышению температуры внутри кагата, так как она дышит интенсивнее корнеплодов и часто является причиной образования очагов микробиологического заражения. Зеленая масса содержит большое количество растворимых нес сахаров.

Наличие в перерабатываемой свекле, например, 1 % зеленой массы приводит к снижению чистоты диффузионного сока на 0,4-0,5 % и повышению содержания сахарозы в мелассе на 0,2 %.

Большое количество примесей в свекле не только ухудшает условия её хранения и качество получаемого диффузионного сока, но и увеличивает транспортные расходы на их перевозку, с большей нагрузкой работают очистные сооружения на сахарном заводе, с полей вывозится плодородная земля.

Приемку сахарной свеклы, отбор образцов, определение загрязненности и сахаристости проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 17421- 82 «Свекла сахарная для промышленной переработки. Технические условия», договоров контрактации и инструкции по приемке, хранению и учету сахарной свеклы.

Корнеплоды кондиционной, то есть соответствующей ГОСТу сахарной свеклы, должны иметь следующие показатели, приведенные в табл. 1.1

Таблица 1.1

Показатели качества корнеплодов кондиционной свеклы

Наименование показателя	Норма
Физическое состояние	Не потерявшие тургора
Цветушные корнеплоды, % не более	1,0
Подвяленные корнеплоды, % не более	5,0
Корнеплоды с сильными механическими повреждениями, % не более	12,0
Зеленая масса, % не более	3,0
Корнеплоды мумифицированные, замороженные и загнившие	Не допускаются

Общая загрязненность и сахаристость свеклы действующим стандартом не регламентируются.

В соответствии с технологическим регламентом приемки и хранения сахарной свеклы различные виды корнеплодов имеют следующие характеристики:

цветушные корнеплоды – корнеплоды 1-го года развития, перешедшие в репродуктивную фазу разной степени и давшие цветоносные побеги. Основной причиной этого явления являются заморозки после высева семян. Отличительная особенность таких корнеплодов – деревянистость тканей;

подвяленные корнеплоды – корнеплоды, у которых ослаблен тургор, хвостовая часть изгибается без обламывания, нарушена естественная твердость и хрупкость. Потери такими корнеплодами влаги составляют 6-20 %;

подмороженные корнеплоды – корнеплоды с наличием стекловидных, а также стекловидных отслаивающихся или почерневших тканей. Для определения подмораживания корнеплод разрезают;

загнившие корнеплоды – корнеплоды, из которых можно вырезать не менее 1 г гнилой ткани. Внешние признаки загнивания: пораженная ткань теряет свою естественную твердость и упругость, часто разрушается до аморфной массы, изменяет цвет из белого в серый, коричнево-бурый или черный. К загнившим относятся также корнеплоды пораженные слизистым бактериозом. При сжатии таких корнеплодов после разрезания выделяется слизь, пузырьки газа.

По характеру и степени механического повреждения корнеплоды делятся на слабо и сильно поврежденные.

К **корнеплодам со слабыми механическими повреждениями** относят корнеплоды, которые имеют трещины и ссадины свекловичной ткани глубиной не более 10 мм; сколы и срезы до 1/3 величины корнеплода; обрывы хвостовой части диаметром от 10 до 40 мм.

К *корнеплодам с сильными механическими повреждениями* относят корнеплоды со сколами, срезами, раздавленные, поврежденные сельскохозяйственными вредителями (насекомыми, грызунами и др. животными) на 1/3 и более. Сюда же относят обломки и мелкий бой, а также корнеплоды с обрывом хвостовой части диаметром более 40 мм и с глубокими трещинами, проходящими через 1/3 и более корнеплода, которые приводят к расколу при погрузочно-разгрузочных работах.

1. Анализ качества сахарной свеклы

1.1. Правила отбора проб

Отбор проб для определения загрязненности и сахаристости проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 17421-82 “Свекла сахарная для промышленной переработки”.

Сахарную свеклу принимают на завод партиями.

Партией считают любое количество свеклы, находящееся в одной транспортной единице и оформленное одним транспортным документом.

Каждую партию до взвешивания осматривает приемщик и устанавливает ее соответствие требованиям ГОСТа.

Общую загрязненность и сахаристость свеклы определяют от каждой десятой партии, а в период малой интенсивности привоза свеклы от каждой пятой партии хозяйства, но не менее одной пробы от хозяйства в сутки.

Пробы отбирают двумя способами механизированным и ручным.

При механизированном способе пробы отбирают щупом пробоотборника типа Рюпро поочередно в одной из трех точек, лежащих на диагонали кузова транспортной единицы. Масса объединенной пробы должна быть не менее 12 кг.

При ручном способе свеклу отбирают от каждой партии равными порциями в трех местах по средней линии кузова: в верхнем и среднем слоях бурачными вилами, а в нижнем(после открытия заднего борта) – совковой лопатой. Масса объединенной пробы должна составлять 8 -12 кг.

Для определения цветущих, подвяленных, подмороженных, загнивших корнеплодов, а также зеленой массы пробу отбирают механизированным или ручным (при отсутствии пробоотборника) способами, а для определения корнеплодов с сильными механическими повреждениями – только ручным способом.

1.2. Определение общей загрязненности

Цель анализа – оценить качество сахарной свеклы по ее общей загрязненности.

Принцип метода анализа – состоит в определении массы пробы свеклы до и после ее очистки.

Приборы и материалы:

- циферблатные весы ВТЦ-10 грузоподъемностью 10 кг;
- таз металлический или пластмассовый;
- ножи металлические и деревянные;
- неметаллические щетки;
- свекла.

Методика определения

Пробу свеклы массой 8-12 кг взвешивают с погрешностью ± 10 г в сухом тарированном тазу, взвешенном с погрешностью ± 10 г, и вычисляют массу корнеплодов свеклы до их очистки.

Затем корнеплоды очищают от земли, обрезают металлическим ножом боковые корешки и хвостики диаметром менее 1 см, черешки листьев, ростки и выбирают ботву, сорняки, а также др. органические и минеральные примеси.

Прилипшую к корнеплодам землю отделяют деревянными ножами и неметаллическими щетками.

Чистые корнеплоды взвешивают с погрешностью ± 10 г в том же чистом тазу и определяют массу пробы после очистки.

Расчеты

Общую загрязненность (ОЗ) в % к массе пробы вычисляют по формуле:

$$ОЗ = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$$

где m_1 - масса пробы до очистки или отмывки корнеплодов, г;

m_2 - масса пробы после очистки или отмывки корнеплодов, г.

Вычисления производят до сотых долей % с последующим округлением результата до десятых долей процента.

1.3. Определение содержания зеленой массы

Цель анализа – оценить качество свеклы по содержанию в ней зеленой массы.

Принцип метода анализа – состоит в определении массы зеленой массы, отделенной от пробы свеклы при ее очистке.

Приборы и материалы:

- циферблатные весы ВТЦ-10 грузоподъемностью 10 кг;
- нож металлический;
- свекла.

Методика определения

Для определения содержания зеленой массы пробу свеклы очищают от минеральных и органических примесей и взвешивают с погрешностью ± 10 г.

Зеленую массу (зеленые листья, черешки листьев, ростки и сорные растения) отделяют от пробы свеклы и взвешивают с погрешностью ± 10 г.

Расчеты

Содержание зеленой массы (ЗМ) в процентах вычисляют по формуле

$$ЗМ = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100$$

где m_1 - масса зеленой массы, г;
 m_2 - масса пробы свеклы, очищенной от минеральных и органических примесей, г.

Вычисления производят до сотых долей процента с последующим округлением результата до десятых долей процента.

При необходимости определяют отдельно свободную и связанную зеленую массу.

1.4. Определение содержания корнеплодов по показателям качества (фитопатологический анализ свеклы)

Цель анализа – определить показатели качества корнеплодов и сравнить их с требованиями ГОСТ 17421-82.

Принцип метода анализа состоит в определении массы очищенных корнеплодов по показателям их качества в общей массе пробы свеклы, очищенной от всех примесей.

Приборы и материалы:

- циферблатные весы ВТЦ-10 грузоподъемностью 10 кг;
- таз металлический или пластмассовый;
- ножи металлические и деревянные;
- неметаллические щетки;
- свекла.

Методика определения

Фитопатологический анализ выполняют при приемке свеклы, а также для контроля за режимом переработки свеклы и уточнения его при изменении качества свеклы, поступающей в переработку.

Пробу свеклы массой 8-12 кг очищают от минеральных, органических примесей, а также зеленой массы и взвешивают с погрешностью ± 10 г.

Из очищенной пробы выбирают, взвешивают с погрешностью ± 10 г и возвращают в пробу в следующей последовательности:

- цветущие корнеплоды;
- подвяленные корнеплоды;
- мумифицированные корнеплоды;
- замороженные корнеплоды;
- загнившие корнеплоды;
- корнеплоды с сильными механическими повреждениями.

Расчеты

Содержание корнеплодов отдельно по показателям качества (С) в процентах вычисляют по формуле:

$$C = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100 ,$$

где m_1 - масса цветущих, подвяленных, мумифицированных, подмороженных, загнивших, механически поврежденных очищенных корнеплодов в отдельности, г;

m_2 - масса пробы свеклы, очищенной от всех примесей, г.

Вычисления производят до сотых долей процента с последующим округлением результата до десятых долей процента.

Результаты определений сводят в табл. 1.2

Таблица 1.2

Содержание корнеплодов по показателям качества

№ п/п	Наименование показателей	Масса	
		г	% к массе свеклы
1	Усредненная проба свеклы до очистки		
3	Цветущие корнеплоды		
4	Подвяленные корнеплоды		
5	Мумифицированные корнеплоды		
6	Подмороженные корнеплоды		
7	Загнившие корнеплоды		
8	Корнеплоды с сильными механическими повреждениями		
9	Зеленая масса, в том числе: свободная связанная (несрезанная с головки)		

1.5. Определение сахаристости свеклы

При механизированном отборе проб свеклы (п. 1.) определение сахаристости свеклы проводят на механизированной линии УЛС-1 отечественного производства.

При ручном способе свекловичные корни, использованные для определения общей загрязненности, направляют на станок с дисковыми пилами. Полученную кашку (не более 500 г) собирают в сосуд (эмалированный, из нержавеющей стали, полиэтилена), быстро и тщательно перемешивают, накрывают стеклом и используют для определения содержания сахарозы.

Контрольные вопросы

1. Каковы требования ГОСТ 17421-82 к качеству сахарной свеклы, предназначенной для промышленной переработки?
2. Какие показатели качества свеклы не регламентируются действующим ГОСТом?
3. Какие примеси составляют общую загрязненность свеклы?

4. Какие примеси входят в состав зеленой массы свеклы?
5. По какой методике определяется общая загрязненность свеклы?
6. По какой методике определяется содержание зеленой массы в свекле?
7. Как определяется содержание корнеплодов по показателям качества?
8. Какие корнеплоды относятся к корнеплодам со слабыми механическими повреждениями?
9. Какие корнеплоды относятся к корнеплодам с сильными механическими повреждениями?
10. Какими методами определяется сахаристость свеклы при приемке?
11. Как определяется содержание балластных примесей в свекле, поступающей в переработку?
12. Как влияют балластные примеси на сахаристость свеклы?

работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОЧИСТКИ ДИФфуЗИОННОГО СОКА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СВЕКЛЫ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

Цель работы – определить оптимальный технологический режим очистки диффузионного сока с учетом качества исходного сырья.

Теоретические сведения

Диффузионный сок, подвергаемый очистке, содержит сахарозу и несахара: растворимые белки, пектиновые вещества и продукты их распада, редуцирующие сахара, аминокислоты, слабые азотистые основания, соли органических и неорганических кислот, а также другие химические вещества и примеси.

Присутствие в соке столь сложных по химическому составу несахаров усложняет технологию получения кристаллической сахарозы и способствует увеличению учтенных и неучтенных потерь сахара, в том числе и с мелассой. Поэтому одной из важнейших задач технологии сахарного производства является максимальное удаление из его продуктов несахаров. С этой целью диффузионный сок подвергается обработке известью (дефекация), что обеспечивает процесс очистки в щелочной среде при минимальных потерях сахарозы, с последующим удалением ее избытка диоксидом углерода (сатурация).

Большинство химических реакций, имеющих место при очистке сока, требуют для их полного завершения различных технологических условий. В этой связи одной из наиболее важных задач является установление оптимального технологического режима очистки диффузионного сока.

Организация работы сокоочистительного отделения в оптимальном технологическом режиме тесно увязана с качеством свеклы и корректируется по мере

его изменения. Оптимальный технологический режим сокоочистительного отделения предусматривает: рациональный расход извести на очистку, оптимальную щелочность сока I сатурации, высокие фильтрационные и седиментационные показатели при минимальной цветности сока I сатурации, оптимальную щелочность сока II сатурации.

При правильно разработанном технологическом режиме очищенный сок имеет более высокую чистоту, наименьшую цветность и мутность, низкое содержание кальциевых солей, хорошо отстаивается и фильтруется. При отклонении от оптимального режима, например, при пересатурировании сока на I сатурации, отмечается его хорошее отстаивание, но качественные показатели очищенного сока хуже - высокая цветность и повышенное содержание кальциевых солей, низкая чистота (Ч). При недосатурировании сок плохо отстаивается, но качественные показатели его выше.

Отработка оптимального технологического режима тесно связана с контролем щелочности соков при очистке. Весьма важным является определение натуральной и оптимальной щелочности, фильтрационных и седиментационных характеристик соков и их цветности.

2.1. Определение титруемой кислотности и щелочности.

Все продукты сахарного производства, за исключением свекловичного и диффузионного сока, имеют щелочную реакцию, что обусловлено вводом в них на стадии сокоочистки известкового молока. Их щелочность принято выражать условно в объемных процентах оксида кальция. При этом данный анализ выполняют с помощью специального прибора для титрования – прибора Каппуса, деления бюретки которого по объему равны не 1 см^3 , а $1/28 \text{ см}^3$. Одно такое деление при работе с 0,1 н раствором кислоты будет соответствовать 0,001 г CaO, а при титровании 10 см^3 сока - 0,01 г CaO или 0,01 % CaO на 100 см^3 сока. Тогда при титровании 1 н раствором кислоты одно деление будет равно 0,1 г CaO или 0,1 % CaO на 100 см^3 сока.

Обычно 1 н раствор кислоты применяют при определении щелочности нефилтрованного дефекованного сока, который содержит до 2,0-2,5 % CaO. В остальных случаях применяют 0,1 н растворы HCl или H_2SO_4 . Для титрования берут 10 см^3 сока.

С целью увеличения точности, при анализе соков с малой щелочностью (сок II сатурации, сульфитированный сок), лучше брать не 10 см^3 , как принято по типовой методике, а 50 см^3 сока.

Цель анализа - определить титруемую щелочность соков.

Принцип метода анализа состоит в титровании анализируемого сока раствором кислоты в присутствии индикатора фенолфталеина.

Приборы и материалы:

- прибор Каппуса для определения щелочности;
- фарфоровая чашка или стакан;
- мерный цилиндр вместимостью 10 см^3 .

Реактивы:

- 0,1 н или 1 н растворы H_2SO_4 ;

- 1-% спиртовой раствор фенолфталеина.

Методика определения

Пробу исследуемого сока объемом 10 см³ или 50 см³ в зависимости от содержания в нем извести помещают в фарфоровую чашку или стакан. Затем прибавляют несколько капель 1-%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют из бюретки прибора Каппуса до исчезновения розовой окраски.

Расчеты

Щелочность (Щ) в % СаО рассчитывают по формулам:

1. При использовании 0,1 н раствора кислоты

$$\text{Щ} = 0,001 \cdot a \cdot 100 / m.$$

2. При использовании 1 н кислоты

$$\text{Щ} = 0,01 \cdot a \cdot 100 / m,$$

где a - количество кислоты, равное числу делений бюретки прибора Каппуса, пошедшее на титрование пробы сока, см³;

m – проба исследуемого сока, см³.

2.2. Определение теоретической натуральной щелочности сока I сатурации

Выражение щелочности продуктов сахарного производства в % СаО является условным, так как на самом деле она обусловлена присутствием в них различных химических соединений. Так, в соке I сатурации часть щелочности зависит от присутствия Са(ОН)₂, а другая часть от присутствия в нем гидроксидов щелочных металлов КОН, NaOH и NH₄OH. Поэтому ту часть щелочности, которая соответствует содержанию гидроксидов щелочных металлов называют теоретической натуральной щелочностью сока I сатурации.

Эта величина имеет важное значение для технологической оценки перерабатываемой свеклы. С увеличением натуральной щелочности уменьшается содержание солей кальция в соке II сатурации и сиропе.

Оптимальная величина натуральной щелочности составляет 0,02 – 0,03 % СаО.

Цель анализа - оценить качество сока I сатурации и перерабатываемой свеклы по его натуральной щелочности.

Принцип метода анализа заключается в определении (в % СаО) между общей щелочностью сока I сатурации, найденной титрометрически, и содержание в нем кальциевых солей, определяемых комплексометрически.

Определенную таким образом натуральную щелочность называют теоретической натуральной щелочностью.

Приборы и материалы:

- прибор Каппуса для определения щелочности;
- фарфоровая чашка или стакан для титрования;
- коническая колба вместимостью 250-300 см³;
- мерный цилиндр вместимостью 10 см³ или 50 см³;

- бюретка, стакан.

Реактивы:

- 0,1 н раствор H_2SO_4 ;
- 1-% спиртовой раствор фенолфталеина;
- аммиачный буферный раствор;
- 1/28 н раствор трилона Б;
- индикатор (хромоген черный или темно-синий).

Методика определения

а) Определение общей щелочности

Берут в фарфоровую чашку или стакан помещают 50 см^3 сока I сатурации, прибавляют к нему несколько капель 1-%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют из бюретки прибора Каппуса до тех пор, когда добавлении последней капли 0,1 н кислоты исчезает розовый оттенок пробы сока.

б) Комплексометрическое определение солей кальция

Для анализа берут 10 см^3 сока I сатурации, переводят в коническую колбу вместимостью $250\text{-}300\text{ см}^3$, добавляют 100 см^3 дистиллированной воды, 5 см^3 аммиачного буферного раствора и 7-8 капель индикатора (хромогена черного или темно-синего). При этом раствор приобретает красную окраску. Титруют из бюретки 1/28 н раствором трилона Б до появления зеленовато-синей или сине-сиреневой окраски.

Параллельно проводят глухой опыт со 100 см^3 одной лишь дистиллированной воды.

Расчеты

1. Общую щелочность сока I сатурации, в % CaO, рассчитывают по формуле

$$\text{Щ} = 0,001 \cdot a \cdot 100/m,$$

где a - количество 0,1 н раствора HCl, равное числу делений бюретки прибора Каппуса, пошедшее на титрование пробы сока, см^3 ;

m - проба сока I сатурации, см^3 .

2. Содержание солей кальция в % CaO, определенное комплексометрически, находят по формуле

$$Q = 0,1 \cdot K \cdot (a - a_1) / m$$

где a и a_1 - расход трилона Б соответственно на титрование сока I сатурации и глухой опыт, см^3 ;

K – поправочный коэффициент раствора трилона Б;

m - проба сока I сатурации, см^3 ;

3. Теоретическая натуральная щелочность (Щ_H^m) сока I сатурации (в % CaO) определяется как разность между общей щелочностью и содержанием солями кальция в соке

$$\text{Щ}_H^m = \text{Щ} - Q$$

Пример На титрование 50 см³ фильтрованного сока I сатурации израсходовано 45 см³ 0,1 н раствора H₂SO₄ из прибора Каппуса, а на титрование 10 см³ фильтрованного сока I сатурации израсходовано 9,3 см³ и на глухой опыт – 1,2 см³ 1,28 н раствора трилона Б. Поправочный коэффициент нормальности раствора трилона Б 0,988. Определить натуральную щелочность сока I сатурации.

Щелочность сока I сатурации составляет

$$\text{Щ} = 0,001 \cdot a \cdot 100 / m = 0,001 \cdot 45 \cdot 100 / 50 = 0,09 \% \text{ CaO}$$

Содержание солей кальция в соке I сатурации составляет

$$Q = 0,1 \cdot K \cdot (a - a_1) / m = 0,1 \cdot 0,988 \cdot (9,3 - 1,2) / 10 = 0,08 \% \text{ CaO}$$

Натуральная щелочность сока I сатурации равна

$$\text{Щ}_n^T = \text{Щ} - Q = 0,09 - 0,08 = 0,01 \% \text{ CaO}$$

2.3. Определение оптимальной щелочности сока I сатурации.

При проведении технологических процессов очистки диффузионного сока большое значение имеет контроль щелочности фильтрованного сока I сатурации. Её следует держать возможно выше, например, 0,12 - 0,13 % CaO.

Повышенная щелочность сока I сатурации оказывает положительное влияние на качество сока II сатурации, так как более полно удаются из него малорастворимые соли. Это способствует снижению накипеобразования при выпаривании воды из сока до состояния сиропа на выпарной установке.

Оптимальное значение рН₂₀ сока I сатурации должно соответствовать рН 10,8 - 11,4. Оптимальная щелочность сока составляет 0,08 – 0,12 % CaO, её устанавливают экспериментально в лабораторных условиях.

Оптимальной щелочностью сока I сатурации считают максимальную щелочность, при которой оборудование для фильтрования работает эффективно и сок имеет наименьшую цветность.

Цель анализа - оценить качество сока I сатурации и установить оптимальный технологический режим I сатурации.

Принцип метода анализа основан на моделировании условий обработки дефекованного сока на I сатурации с последующим определением его оптимальной щелочности титрованием и значения рН₂₀

Приборы и материалы:

- прибор Каппуса для определения щелочности;
- фарфоровая чашка или стакан для титрования;
- баллон с диоксидом углерода;
- лабораторный рН-метр.

Реактивы:

- 0,1 н раствор H₂SO₄;

- 1% -ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Методика определения

Для анализа берут диффузионный или дефекованный сок. Диффузионный сок нагревают до 90°C и обрабатывают 2,5% CaO при перемешивании в течение 10 мин. Дефекованный сок постепенно сатурируют диоксидом углерода, отбирая по мере обработки ряд проб. Пробы фильтруют и в фильтрате определяют рН₂О и щелочность. Величину рН сока замеряют на лабораторном рН-метре, а щелочность - титрованием с использованием прибора Каппуса, в присутствии индикатора фенолфталеина.

Расчеты

Щелочность сока I сатурации, обеспечивающая минимальную цветность и хорошее осаждение осадка, является оптимальной. Ее величину в % CaO рассчитывают по формуле

$$Щ_{opt} = 0,001 \cdot a \cdot 100 / m$$

где a - количество 0,1 н раствора H₂SO₄, равное числу делений бюретки прибора Каппуса, пошедшее на титрование пробы сока, см³;
 m - проба сока I сатурации, см³.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под оптимальным технологическим режимом работы сокоочистительного отделения?
2. В каких единицах выражают щелочность или кислотность продуктов сахарного производства?
3. На каком принципе основано определение щелочности сахарных растворов?
4. Что такое теоретическая натуральная щелочность сока I сатурации?
5. На каком принципе основано определение теоретической натуральной щелочности?
6. Что такое оптимальная величина щелочности сока I сатурации?
7. Какой должна быть величина оптимальной щелочности сока I сатурации?
8. Как определяют оптимальную щелочность сока I сатурации?

работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗВЕСТНЯКА, ИЗВЕСТИ И ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА

Цель работы: определить и оценить основные показатели, характеризующие качество известняка, извести и известкового молока.

Теоретические сведения

Традиционным способом очистки сахаросодержащих растворов в сахарном производстве является известково-углекислотная очистка, основными реагентами, которой являются известь и углекислый газ.

Известь применяется в виде известкового молока, представляющего собой суспензию кристаллов гидроксида кальция в его насыщенном растворе. Известковое молоко получают, используя в качестве сырья известняковый камень (известняк) – горную породу осадочного происхождения. Известняк поставляется на сахарный завод из карьера – поставщика.

Требования к качеству известняка регламентируются техническими условиями ТУ 21-02.

Основной составной компонент известняка – карбонат кальция (CaCO_3).

В сахарной промышленности используют известняки, содержащие: CaCO_3 не менее 93%; MgCO_3 до 4%; оксидов кремния до 2%, оксидов железа и алюминия до 2%; влаги не более 5%.

Известняк не должен содержать заметных на глаз посторонних включений (глина, песок), а также быть снежно-белого цвета со слабым сероватым или желтоватым оттенками.

Основной показатель качества известняка – массовая доля в нем карбоната кальция. Чем больше CaCO_3 содержит известняк, тем лучше его качество с точки зрения пригодности для обжига на известь.

При выборе известнякового камня в качестве карбонатного сырья следует учитывать, что известь, полученная из камня с меньшей плотностью, при приготовлении известкового молока гасится быстрее, чем известь из камня с большей плотностью. Чем быстрее и легче гасится известь, тем меньше расходуется воды на её гашение.

Известняк на сахарном заводе обжигают в известково-обжигательных печах. При обжиге карбонат кальция разлагается на оксид кальция и диоксид углерода с поглощением теплоты извне (эндотермическая реакция)



Полученный твердый продукт обжига называется *негашеной* (жжёной, печной) известью.

Примерный состав негашеной извести:

- | | |
|----------------------------------|-------|
| - известь свободная | 85%; |
| - известь связанная | 9,0%; |
| - примеси, не содержащие кальций | 6%. |

Свободной известью называют оксид кальция (CaO).

Связанная известь – это соединения кальция, кроме CaO , входящие в состав извести. Например CaCO_3 , CaSO_4 , $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$.

К примесям, не содержащим кальций, относят SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 .

Свободная известь состоит из активной и неактивной.

Активная известь - это часть свободной извести, которая реагирует с водой в обычных условиях гашения, выделяя теплоту и превращаясь в гидроксид кальция. В хорошей по качеству извести должно содержаться не менее 80% активной извести.

В целях снижения удельного расхода известняка на получение извести, а следовательно, и в целях снижения себестоимости сахара, желательнее получать как можно больше активной извести.

Неактивная известь – часть свободной извести, включающая недопал (CaCO_3) и оплавленную известь (CaO), которая при высокой температуре вступает во взаимодействие с примесями в известняке (оксидами кремния, алюминия, железа) и образует новые химические соединения, не реагирующие с водой при гашении.

Это силикаты кальция $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$; $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$; алюминаты кальция $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; ферриты $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$; $2\text{Ca}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. Обычно неактивная известь отделяется от известкового молока при его очистке.

Известковое молоко получают в известегасильных аппаратах, где печная (жжёная) известь смешивается с водой или промоями температурой 80-90°C.

В результате химической реакции оксида кальция с водой выделяется значительное количество теплоты (экзотермическая реакция):



Печная (негашеная) известь превращается в рыхлую массу, которая называется гашеной известью или *известью-пушонкой*.

Качество негашеной извести в сахарной промышленности принято оценивать по скорости реагирования с водой и массовой доли активной извести. В производственных условиях высокая скорость гашения извести является важным фактором, обеспечивающим полноту гашения извести и получение известкового молока хорошего качества.

Для очистки сахаросодержащих растворов применяется известковое молоко, качество которого зависит от качественных показателей известняка и извести, процесса её гашения и т.д.

Основные критерии оценки качества известкового молока: плотность и активность.

Активность известкового молока – это массовая доля активной извести в массе общей извести известкового молока.

Активная известь известкового молока – это CaO , содержащийся в дисперсионной среде известковой суспензии.

Общая известь – $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaCO}_3$, содержащиеся в известковом молоке.

Чем больше активность известкового молока, тем выше его качество.

Для очистки диффузионного сока от несахаров наиболее важное значение имеет растворимость извести. Чем больше извести растворяется в соке, тем выше активная щелочность и быстрее протекают необходимые химические реакции.

3.1. Анализ качества известняка

3.1.1. Определение массовой доли CaCO_3

Цель анализа – оценить качество известняка по результатам его анализа на содержание CaCO_3 .

Принцип метода анализа основан на химической реакции превращения содержащегося в известняке CaCO_3 в растворимый CaCl_2 при кипячении навески известняка в соляной кислоте.



Содержание кальция в растворе определяют комплексонометрическим методом и пересчитывают на CaCO_3 . Полученную массу CaCO_3 относят к массе известняка.

Приборы и материалы:

- аналитические весы;
- электроплитка;
- часовое стекло;
- химический стакан вместимостью 250 см³;
- мерная пипетка на 10 см³;
- мерная пипетка на 20 см³;
- бюретка для титрования;
- известняк;
- дистиллированная вода, не содержащая кальция;

Реактивы:

- раствор HCl (разбавленный 1:1);
- 20 % раствор NaOH или KOH;
- 0,1 н. раствор трилона Б;
- аммиачный буферный раствор pH 9,0;
- мурексид – сухой индикатор в смеси с NaCl 1:100.

Методика определения

Отвешивают на часовом стекле с помощью аналитических весов навеску известняка около 0,38 г, переводят её химический стакан емкостью 250 см³. Отмеряют мерной пипеткой 20 см³ соляной кислоты (разбавленной 1:1). Частички известняка, прилипшие к стеклу, смывают в стакан струёй соляной кислоты из пипетки (в стакан надо вылить все 20 см³ соляной кислоты). Стакан накрывают часовым стеклом (или чашкой Петри). После прекращения выделения пузырьков CO_2 стакан ставят на электроплитку и кипятят содержимое 5 мин до полного растворения CaCO_3 по реакции.

Затем стакан с раствором охлаждают до 25°C, раствор фильтруют. Отбирают пипеткой из колбы с фильтратом 10 см³ раствора в коническую колбу на 250 см³, добавляют 100 см³ дистиллированной воды, 5 см³ 20% раствора NaOH (или KOH) и на кончике шпателя 0,1-0,2 г индикатора мурексида в смеси его с NaCl. Раствор перемешивают и титруют 0,1 н. раствором трилона Б до перехода окраски в фиолетовую.

Расчеты

Массовую долю CaCO_3 в известняке (в процентах) рассчитывают по формуле.

$$U = \frac{K \cdot 0,005004 \cdot b}{m} \cdot 100,$$

где K – поправочный коэффициент 0,1 н. раствора трилона Б;
0,005004 – масса CaCO_3 , соответствующая 1 см³ 0,1 н. раствора трилона Б;

b – объем 0,1 н. раствора трилона Б пошедшего на титрование, см³;
 m – навеска известняка, в которой проводилось определение, г.

$$m = \frac{g \cdot 10}{20},$$

где g – навеска известняка, взвешенная на аналитических весах, г.

Пример

Навеска известняка $g = 0,3850$ г. На титрование израсходовано $b = 36,7$ см³ 0,1 н. раствора трилона Б. Поправочный коэффициент $K = 1$.

$$m = \frac{0,3850 \cdot 10}{20} = 0,1925 \text{ г},$$

$$U = \frac{1 \cdot 0,005004 \cdot 36,7}{0,1925} \cdot 100 = 95,4 \text{ \%}.$$

3.2. Анализ качества извести

3.2.1. Определение массовой доли свободной извести (СаО)

Цель анализа – оценить качество негашеной извести по результатам анализа на содержание в ней СаО.

Принцип метода анализа основан на количественном определении СаО извести путем титрования раствора Са(ОН)₂, полученного при взаимодействии с водой, раствором НСl при индикаторе фенолфталеине.

Приборы и материалы:

- аналитические весы;
- фарфоровая ступка;
- пестик;
- бюретка для титрования;
- дистиллированная вода;
- негашеная известь;

Реактивы:

- 1 н. раствора НСl;
- индикатор фенолфталеин.

Методика определения

Пробу порошка негашеной извести тщательно перемешивают, отвешивают на аналитических весах около 1 г извести, помещают навеску в небольшую фарфоровую ступку, прибавляют 10 см³ дистиллированной воды, тщательно растирают пестиком крупинки извести и оттитровывают содержимое 1 н. раствором НСl при индикаторе фенолфталеине до полного исчезновения розовой окраски.

Титрование проводят медленно, интенсивно перемешивая раствор и растирая пестиком кристаллики извести.

Расчеты

Массовую долю свободной извести ($X_{своб.}$, % CaO к массе негашеной извести) вычисляют по формуле.

$$X_{своб.} = \frac{x \cdot 0,028}{y} \cdot 100,$$

где x – объем 1 н. раствора HCl, пошедший на титрование, см³;
 y – навеска негашеной извести, г.

3.2.2. Определение массовой доли активной извести

Цель анализа – оценить качество негашеной извести по содержанию в ней активной извести.

Принцип метода анализа основан на гашении извести водой и количественном определении CaO извести путем титрования раствора Ca(OH)₂, полученного при взаимодействии с водой, раствором HCl при индикаторе фенолфталеине.

Приборы и материалы:

- весы технические грузоподъемностью 1 кг;
- бюретка для титрования; сито с ячейками 1,2 мм;
- негашеная известь;

Реактивы:

- 1н. раствор HCl;
- индикатор фенолфталеин.

Методика определения

Среднюю пробу извести отбирают так же, как и при определении массовой доли свободной извести, но измельчая её до размеров кусков 5-7 мм без растирания в ступке.

Из средней пробы отбирают навеску массой 30-50 г, гасят и разбавляют водой (4-5-кратной количество) при интенсивном перемешивании в металлическом сосуде в течение 20 мин. Начальная температура воды должна составлять 80°C.

Полученное известковое молоко фильтруют в предварительно взвешенный сосуд через сито с ячейками 1,2 мм и промывают водой. Фильтрат с промоями взвешивают на технических весах грузоподъемностью 1 кг и определяют в нем массовую долю свободной извести по методике, изложенной в п. 3.2.1.

Расчеты

Массовую долю активной извести ($X_{акт.}$, % CaO к массе негашеной извести) вычисляют по формуле.

$$X_{акт.} = \frac{0,028 \cdot G_o \cdot b}{g \cdot G_1} \cdot 100,$$

где G_o – масса фильтрата с промоями, г;
 b – объем 1 н. раствора HCl, израсходованный на титрование навески фильтрата с промоями, см³;
 g – навеска фильтрата с промоями, взятая на титрование, г;
 G_1 – масса негашеной извести, взятая для анализа, г.

работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ СЕРНИСТОЙ КИСЛОТЫ В ПРОДУКТАХ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы – определить качественные показатели сульфитированных продуктов сахарного производства и оценить технологический режим сульфитации.

Теоретические сведения

Сульфитацией называют обработку сахарных растворов и воды диоксидом серы.

В типовой технологической схеме предусмотрена сульфитация сока П сатурации, смеси сиропа с клеровкой и воды, подаваемой на диффузию. Проведение сульфитации с соблюдением оптимальных параметров позволяет улучшить технологию получения сахара-песка стандартного качества и снизить его потери с мелассой. В процессе сульфитации сока или смеси сиропа с клеровкой происходит восстановление красящих веществ и превращение их в бесцветные соединения, Видимый эффект обесцвечивания сахарных растворов составляет 15-30,%, а истинный - 8-10%. Это объясняется индикаторными свойствами красящих веществ. Так, например, при снижении рН, обусловленном сульфитацией, происходит уменьшение интенсивности цвета, а при возврате к его исходному значению цветность раствора почти полностью восстанавливается, Кроме того, присутствие сернистой кислоты в соке во время его выпаривания, снижает нарастание красящих веществ. Это условие выполняется лишь при определенном содержании в соке сернистой кислоты.

Считается, что хороший эффект от этой технологической операции может быть достигнут, если в соке после сульфитации содержится 0,003-0,004% избыточного SO₂.

Цель анализа - определить общее содержание сернистой кислоты в сульфитированном соке и сиропе.

Принцип метода анализа основан на определении SO₂ титрованием 0,02 н раствором йода в присутствии крахмала как индикатора.

Приборы и материалы:

- пипетка с резиновой грушей или маленький цилиндр для серной кислоты;
- бюретка для титрования;
- коническая колба вместимостью 250 см³;
- химический стакан;
- пипетки: 1 см³ и 10 см³.

Реактивы:

- 1 н раствор NaOH;
- серная кислота, разбавленная 1:3;
- 0,5%-ный раствор крахмала;
- 0,02 н раствор йода.

Методика определения

В коническую колбу вместимостью 250 см³ переводят 50 г фильтрованного сока или 25 г сиропа, приливают 20-25 см³ дистиллированной воды, 25 см³ 1 н раствора NaOH. Потом колбу закрывают пробкой, содержимое взбалтывают и оставляют стоять в течение 15 мин, затем вводят в колбу 10 см³ серной кислоты, разбавленной 1:3, 1 см³ 0,5 %-ного раствора крахмала и титруют 0,02 н раствором йода до появления синего окрашивания, не исчезающего при взбалтывании.

Расчеты

Общее содержание сернистой кислоты в процентах SO₂ определяют по формуле

$$Q_{SO_2} = \frac{0,00064 \cdot b \cdot 100}{m},$$

где Q_{SO_2} - общее содержание сернистой кислоты в исследуемом продукте, % SO₂;

b - количество 0,02 н раствора йода, израсходованного на титрование см³;

m - навеска исследуемого продукта, г.

Контрольные вопросы

1. Какой видимый и истинный эффект обесцвечивания сахарных растворов обеспечивает сульфитация?
2. На каком принципе основано обесцвечивание сахарных растворов при их сульфитации?
3. Что такое избыточное содержание в соке SO₂?
4. С какой целью при определении содержания сернистой кислоты в исследуемый раствор добавляют крахмал?

работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ТРОСТНИКОВОГО САХАРА-СЫРЦА

Цель работы - определить основные технологические показатели тростникового сахара-сырца и оценить их влияние на его хранение, переработку и выход готовой продукции

Теоретические сведения

В последние годы в России на сахар-песок и сахар-рафинад перерабатывают 4-5 млн. т тростникового сахара-сырца на свеклосахарных заводах, оборудованных складами для хранения сахара-сырца, пунктами для разгрузки сахара из вагонов и транспортными средствами для передачи его со склада в завод. Переработку сахара-сырца на свеклосахарных заводах проводят после окончания сезона переработки сахарной свеклы.

Решающее влияние на технико-экономические показатели переработки сахара-сырца, ведение технологических процессов оказывают его технологические качества.

Они зависят от сорта сахарного тростника, условий его вегетации, технологии сбора урожая, его переработки, условий хранения и способа транспортировки к месту переработки.

В зависимости от перечисленных условий технологические качества сахара-сырца, выработанного в разных странах, могут значительно колебаться.

Химический состав тростникового сахара-сырца колеблется в следующих пределах, % к массе сахара-сырца:

Сахароза (поляризация)	96-98
Влага	0,5-0,8
Несахара	1,5-2,0
Редуцирующие вещества	0,6-0,9
Прочие органические вещества	0,7-1,0
Зола углекислая	0,4-0,5
Цветность, усл. ед.	35-45
рН раствора сахара-сырца	6,2-6,5

Содержание сахарозы в сахаре-сырце является наиболее общим показателем его качества и определяет выход готовой продукции.

Для оценки его по этому показателю установлена базисная поляризация, равная 96,0%. Высокое качество имеет сахар-сырец, процентное содержание сахарозы в котором составляет 97-98%, и низкое качество – процентное содержание сахарозы в котором ниже 96%.

Выход сахара (готовой продукции) из сахара-сырца определяют по формуле:

$$V_p = 2P - 100,$$

где V_p – прогнозируемый выход сахара, %;
 P – поляризация сахара-сырца, %.

Влажность сахара-сырца характеризует его способность к хранению.

Основная масса влаги находится в пленке на поверхности кристаллов. Чем больше содержание влаги в сахаре, тем интенсивнее развиваются микроорганизмы.

Сахар-сырец с крупными и равномерными кристаллами (средний размер 0,8 мм и более) лучше центрифугируется, меньше удерживает на поверхности влаги, тогда как содержание влаги в мелкокристаллическом сахаре-сырце, имеющем более развитую удельную площадь поверхности, значительно выше. Сахар-сырец является гигроскопичным продуктом, потому содержание влаги в нем зависит также от температуры и относительной влажности окружающего воздуха.

Способность сахара-сырца к длительному хранению в зависимости от содержания влаги определяют по коэффициенту безопасности K_6 , который характеризуется отношением содержания влаги в сахаре W (%) к массе несугаров ($100 - P$)

$$K_6 = W / (100 - P);$$

где W – влажность сахара-сырца, %;

P – поляризация сахара-сырца, %.

При коэффициенте безопасности не более 0,33 тростниковый сахар-сырец хранится почти без изменения химического состава, при $K_6 > 0,33$ увеличивается содержание влаги в нем и в результате интенсификации гидролитических процессов и жизнедеятельности микроорганизмов происходит снижение содержания сахарозы, увеличиваются цветность и кислотность сахара-сырца. Такой сахар следует перерабатывать в первую очередь.

Если K_6 сахара-сырца меньше 0,25, то он быстро обезвоживается и комкуется. Для восстановления сыпучести сахар-сырец подвергают вентилированию увлажненным воздухом.

Гранулометрический состав сахара-сырца характеризует его технологические качества для транспортировки, выгрузки и хранения, с одной стороны, и аффинационную способность – с другой.

Крупные и равномерные кристаллы, имеющие средний размер 0,8 мм и более меньше удерживают примесей и легче аффинируются.

Способность растворов сахара-сырца к фильтрованию – фильтруемость. Она является обобщенным показателем наличия в сахаре-сырце веществ коллоидной дисперсности и высокомолекулярных соединений: крахмала, растительных жиров, пектина, декстрана, воска и др., а также отдельных зольных элементов: P_2O_5 , SiO_2 . Эти сахара (при наличии их более 1 % к массе сахара-сырца) затрудняют очистку клеровки сахара-сырца, способствуют увеличению ее вязкости и снижению фильтрационных свойств.

Зольные элементы, содержащиеся в сахаре-сырце, являются сильными мелассообразователями, трудно удаляются при проведении технологических процессов. Чем ее меньше, тем выше качество сахара-сырца, реальное содержание золы в сахаре-сырце в некоторых странах колеблется от 0,3 до 1,1 % и в основном зависит от содержания золы в почве, где выращен сахарный тростник.

Кроме общего содержания золы в сахаре-сырце важное значение имеет также ее состав: особенно концентрация тяжелых металлов Pb, Ni, Co, Cd, Zn, так как часть из

них переходит в белый сахар при рафинировании и обуславливают присутствие в нем вредных для здоровья потребителей токсичных элементов.

Редуцирующие вещества сахара-сырца на 98 % состоят из глюкозы и фруктозы, при этом на долю глюкозы приходится около 60 %, а на долю фруктозы около 40 %.

Основное количество редуцирующих веществ содержится в пленке маточного раствора, находящаяся на поверхности кристаллов сахара-сырца. Чем больше пленки маточного раствора на поверхности кристаллов сахара-сырца, тем выше его цветность и больше содержание редуцирующих веществ.

Глюкоза и фруктоза по сравнению с сахарозой обладают большей гигроскопичностью.

Содержание их в пленке маточного раствора и количество последней на кристаллах обуславливают липкость сахара-сырца и способность его к затвердеванию (цементированию).

Редуцирующие вещества, разлагаясь в процессе известковой очистки клеровки сахара-сырца и уваривания утфелей образуют 2 группы соединений:

- органические кислоты;
- красящие вещества.

Органические кислоты ускоряют гидролиз сахарозы и образуют кальцевые соли, которые хорошо растворимы в воде и плохо адсорбируются карбонатом кальция. За счет этого увеличиваются содержание солей кальция в очищенной клеровке и потери сахара в мелассе.

Красящие вещества, образующиеся при щелочно-термическом разложении редуцирующих веществ разделяются на два типа: азотсодержащие - меланоидины и безазотистые – продукты конденсации промежуточных соединений при термическом разложении моносахаридов.

Меланоидины более интенсивно окрашены, обладают большей способностью к включению в кристаллы сахара, чем безазотистые красящиеся вещества.

При наличии в сахаре-сырце большого количества *красящих веществ* затрудняется обесцвечивание клеровки, повышается расход извести и адсорбентов на ее очистку, ухудшается качество готовой продукции за счет повышения цветности сахара.

Азотистые вещества сахара-сырца состоят из белков, амидов и аминокислот. В 100 г тростникового сахара-сырца содержится 0,6-1,0 мг. экв. *аминокислот и амидов*, при это в наибольшем количестве присутствуют аминокислоты: аспарагиновая, глутаминовая, аланин и валин.

В настоящее время в Россию тростниковый сахар-сырец поступает из разных стран и существенно различается по качеству. В результате перед отечественными заводами возникла необходимость более глубокого исследования состава сахара-сырца и на основании этого оценки его качества, являющегося одним из определяющих факторов эффективности его переработки.

Качество тростникового сахара-сырца в настоящее время на отечественных сахарных заводах оценивается по содержанию в нем четырех показателей: сахарозы, влаги, цветности и редуцирующих веществ.

Знание технологических качеств тростникового сахара-сырца позволяет инженеру-технологу разрабатывать оптимальные технологические режимы его

хранения и переработки с целью увеличения выхода и улучшения качества готовой продукции.

5.1. Определение содержания влаги

Цель анализа – оценить качество сахара-сырца по содержанию в нем влаги.

Принцип метода анализа основан на высушивании до постоянной массы навески сахара-сырца.

Приборы и материалы:

- весы лабораторные с ценой деления не более 0,1 мг;
- вакуум-сушильный шкаф или сушильный шкаф;
- бюкс с притертой крышкой;
- эксикатор;
- термометр с ценой деления 1 °С и верхним пределом измерения не менее 150 °С;
- сахар-сырец.

Методика определения

Навеску около 5 г сахара-сырца помещают в чистый высушенный, предварительно взвешенный на аналитических весах бюкс с притертой крышкой. Бюкс закрывают и взвешивают на аналитических весах. Открытый бюкс вместе с крышкой помещают в вакуум-сушильный шкаф и сушат в течение 3 ч до постоянной массы при температуре 100 °С и разрежении 93 кПа (700 мм рт.ст.).

При отсутствии вакуум-сушильного шкафа высушивание можно проводить в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Высушивание начинают при 50 °С, постепенно повышая температура в течение 0,5 часа до 105 °С.

Первое взвешивание проводят при высушивании в вакуум-сушильном шкафу через 1,5 ч после достижения температуры 100 °С, а при высушивании в сушильном шкафу – через 3 ч. Последующее взвешивание проводят через 1 ч. Перед каждым взвешиванием бюкс охлаждают в эксикаторе до температуры помещения.

Высушивание ведут до тех пор, пока разница между двумя последними взвешиваниями будет не более 1 мг.

Расчеты

Содержание влаги в сахаре-сырце (% к его массе) определяют по формуле:

$$W = [100(m_1 - m)] / (m_2 - m)$$

где W – содержание влаги в сахаре-сырце, %;

m – масса бюкса, г.

m₁ и m₂ – масса бюкса с сахаром-сырцом соответственно до и после высушивания, г;

Исходя из величины влажности сахара-сырца вычисляют содержание истинных сухих веществ, %:

$$CB_{и} = 100 - W$$

5.2. Определение содержания сухих веществ

Принцип метода анализа состоит в измерении при помощи рефрактометра показателя преломления раствора сахара-сырца, полученного разбавлением 1:1.

Приборы и материалы:

- рефрактометр лабораторный;
- весы технические лабораторные;
- сосуд для разбавления 1:1;
- водяная баня;
- сахар-сырец;
- дистиллированная вода.

Методика определения

Содержание сухих веществ в сахаре-сырце определяет рефрактометрическим способом. Для этого сахар-сырец разбавляют в соотношении 1:1 с помощью специального сосуда, обеспечивающего полное растворение кристаллов сахара и получение однородного раствора.

При этом используют следующий порядок разбавления. На чашки технических весов помещают внутренний и наружный сосуды и уравнивают их. Затем во внутренний сосуд помещают около 40 г сахара-сырца, а в наружный сосуд наливают воду до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие. Сосуды снимают с весов и опускают во внутренний сосуд грузик для перемещения весов, после чего внутренний сосуд осторожно помещают в наружный и герметически закрывают крышку. Сосуд ставят в водяную баню, нагретую до 80 °С, периодически встряхивая для полного растворения кристаллов и перемешивая.

После полного растворения продукта (примерно через 20 мин) сосуд с раствором охлаждают в воде до 20 °С. Крышку следует открывать только после охлаждения раствора, так как в противном случае часть воды может испариться, что приведет к ошибкам при определении содержания сухих веществ и сахарозы.

Расчеты

Массовую долю сухих веществ (СВ), % к массе сахара-сырца вычисляют по формуле:

$$CB = 2P_1,$$

где P_1 – показания шкалы рефрактометра, %.

Затем определяют рефрактометром содержание сухих веществ. Удвоенное показание рефрактометра будет соответствовать содержанию сухих веществ в процентах к массе сахара-сырца.

5.3. Определение массовой доли сахарозы (прямой поляризации) и чистоты

Цель анализа – оценить качество сахара-сырца по содержанию в нем сахарозы (прямой поляризации).

Принцип метода анализа основан на определении массовой доли сахарозы в сахаре-сырце путем измерения угла вращения плоскости поляризации при помощи сахариметра.

Приборы и материалы:

- сахариметр;
- поляриметрическая кювета длиной 400 мм или 200 мм;
- мерная колба вместимостью 100 см³;
- воронка;
- бумажный фильтр;
- покровное стекло.

Реактивы:

- раствор свинцового уксуса $2\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ плотностью 1,24 г/см³.

Методика определения

Нормальную навеску 26 г раствора сахара-сырца, разбавленного в соотношении 1:1, количественно переносят в колбу вместимостью 100 см³, добавляют 2-4 см³ свинцового уксуса, перемешивают круговыми движениями, объем доводят водой до метки при 20 °С, взбалтывают и фильтруют.

Воронку во время фильтрования накрывают покровным стеклом. Если же фильтрация проводится с незакрытой воронкой, то происходит испарение воды, за счет этого увеличивается концентрация сахарозы в растворе и возрастает величина поляризации, что искажает результаты анализа.

Первые порции фильтрата отбрасывают. Фильтрат заливают в кювету длиной 400 или 200 мм, предварительно дважды ополоснув ее фильтратом.

Вращательную способность фильтрата измеряют сахариметром.

Расчеты

1. Массовую долю сахарозы (прямая поляризация) в % к массе сахара-сырца вычисляют по формуле

$$\text{СХ} = \text{П}_{400},$$

где П_{400} – среднее арифметическое отсчетов по шкале сахариметра при использовании поляриметрической кюветы длиной 400 мм, %

При использовании кюветы длиной 200 мм результат удваивают:

$$\text{СХ} = 2 \text{П}_{200} \text{ \%}.$$

2. Чистота сахара-сырца определяется по формуле:

$$\text{Ч} = (\text{СХ}/\text{СВ}) \cdot 100 \text{ \%},$$

где СХ – содержание сахарозы в сахаре-сырце, % к массе сахара-сырца;

СВ – содержание сухих веществ в сахаре-сырце, % к массе сахара-сырца.

5.4. Определение коэффициента (фактора) безопасности

Показатели способности сахара-сырца к хранению является не само содержание влаги, а ее количественное отношение к несхарам, так называемый коэффициент (фактор) безопасности K_6 , который определяется по формуле

$$K_6 = W/(100 - CX),$$

где W – содержание влаги в сахаре-сырце, %;

CX – содержание сахарозы в сахаре-сырце по прямой поляризации, %.

Фактор безопасности не должен превышать 0,33. Его определяют в средних пробах сахара-сырца, поступившего на завод, а также хранящегося на складе.

5.5. Определение цветности

Цель анализа – оценить качество сахара-сырца по его цветности.

5.5.1. Определение цветности сахара-сырца в условных единицах с помощью колориметра КСМ

Принцип метода анализа основан на определении цветности раствора сахара-сырца в условных единицах на приборе КСМ. Сущность данного метода заключается в установлении высоты столба исследуемого раствора, при котором его светопоглощение совпадает со светопоглощением цветного стекла сравнения (эталонном).

Приборы и материалы:

- колориметр КСМ;
- весы технические лабораторные;
- рефрактометр;
- колба мерная вместимостью 200 см³;
- термометр с верхним пределом измерения 100 °С;
- стакан вместимостью 200 см³;
- воронка;
- бумажный фильтр;
- дистиллированная вода;
- сахар-сырец.

Методика определения

25 г сахара-сырца растворяют в горячей воде и переводят в колбу вместимостью 200 см³, охлаждают до температуры 20°С и доводят дистиллированной водой до метки.

В профильтрованном растворе колориметром КСМ определяют цветность, используя 1 н. колориметрическое стекло.

Расчеты

Цветность сахара (в условных единицах) определяют по формуле:

$$C_{\text{к}}=100 \cdot 100 \cdot K_1 / (m \cdot \text{СВ} \cdot d),$$

- где K_1 – поправочный коэффициент 1 н стекла;
 m – высота столба раствора сахара, мм (число делений по шкале колориметра, среднее арифметическое пяти отсчетов);
 СВ – содержание сухих веществ по рефрактометру, %;
 d – плотность раствора сахара, г/см³, находят по табл.П1 в зависимости от содержания СВ раствора сахара-сырца, или находят произведение $\text{СВ} \cdot d$ по табл. П3.

5.2.2.Определение цветности сахара-сырца в единицах оптической плотности

Принцип метода анализа основан на определении оптической плотности раствора сахара-сырца на фотоэлектроколориметре.

Приборы и материалы:

- колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-3 или другой фотоэлектроколориметр с аналогичными характеристиками;
- кюветы;
- рефрактометр лабораторный;
- стакан химический вместимостью 200 см³;
- воронка;
- бумажный фильтр;
- кизельгур, перлит;
- дистиллированная вода;
- сахар-сырец.

Реактивы:

- 0,1 н раствор NaOH;
- 0,1 н раствор HCl.

Методика определения

Пробу сахара-сырца разбавляют горячей дистиллированной водой до содержания сухих веществ $15 \pm 0,5\%$ по рефрактометру.

Полученный раствор тщательно фильтруют через двойной бумажный фильтр с добавлением к раствору кизельгура или перлита в количестве 1 г порошка на 100 см³ раствора.

Полученный фильтрат доводят до pH = 7,0±0,2 при помощи 0,1 н растворов NaOH или HCl.

Длину кюветы выбирают с таким расчетом, чтобы показания на шкале прибора находились в пределах 10 – 90 % светопропускания.

Оптическую плотность испытуемого раствора измеряют при длине волны 560 нм. В качестве эталона использовать дистиллированную воду.

Расчеты

Цветность сахара-сырца (в единицах оптической плотности) определяют по формуле

$$C_0 = 100\,000 \cdot D_{560} / CB \cdot d \cdot b,$$

где D_{560} – оптическая плотность испытуемого раствора при длине волны 560 нм, ед. опт. пл.;

CB – содержание сухих веществ в растворе сахара-сырца, % (по рефрактометру);

d – плотность испытуемого раствора, г/см³, находят по табл. П1 в зависимости от содержания CB раствора сахара-сырца, или находят произведение CB· d по табл. П3.

b – длина используемой кюветы, см.

Методика определения

40 г сахара-сырца переводят дистиллированной водой в колбу на 200 см³, освещают 6 см³ нейтрального свинцового уксуса (250 г в 1 дм³), объем доводят дистиллированной водой до метки, взбалтывают и после 2-3 минутного отстаивания фильтруют.

Затем отбирают пипеткой 50 см³ фильтрата, переносят в мерную колбу на 100 см³, добавляют 10%-ный раствор углекислого натрия Na₂CO₃ в присутствии индикатора фенолфталеина до слабой розовой окраски для удаления избытка уксуснокислого свинца.

Доводят объем до метки дистиллированной водой, взбалтывают и фильтруют через бумажный фильтр, накрывая фильтровальную воронку часовым стеклом во избежание испарения и изменения концентрации раствора.

Из фильтрата отбирают 20 см³, соответствующие 2 г сахара-сырца, и помещают в коническую колбу с плоским дном вместимостью 300 см³. Содержимое колбы нейтрализуют разбавленной уксусной кислотой в присутствии индикатора фенолфталеина, доводят дистиллированной водой до 100 см³ и добавляют 10 см³ реактива Мюллера. Колбу помещают на 10 мин в кипящую водяную баню на подставку, чтобы она не касалась дна бани. При установке колбы в баню кипение не должно прекращаться, то есть баня должна быть достаточных размеров, а находящийся в колбе раствор должен быть на 2-3 см ниже уровня воды в бане.

После кипячения раствор должен иметь голубую или зеленоватую окраску. В противном случае анализ считается проведенным неверно и его повторяют с меньшим количеством фильтрата – 10-5 см³ и т.д.

Затем колбу охлаждают под струей холодной воды до комнатной температуры, не взбалтывая содержимое, добавляют 5 см³ 5 н (моль/дм³) раствора уксусной кислоты и сразу же в избытке (от 20 до 40 см³) раствор йода (0,0333 моль/дм³), все перемешивают вращательным движением колбы, закрывают пробкой и выдерживают 2 мин. Прибавляют 5 см³ 1 %-го раствора крахмала и оттитровывают избыток йода (0,0333 моль/дм³) раствором гипосульфита.

Аналогично выполняют титрование с 20 см³ фильтрата без предварительного нагревания – «глухой» опыт.

Количество израсходованного гипосульфита вычитают из прибавленного количества йода и таким образом определяют количество йодного раствора, вступившего в реакцию. Из этого количества вычитают 0,2 мл как поправку на восстановление, производимое 10 см³ реактива Мюллера (по 0,2 см³ на каждый грамм присутствующей в навеске сахарозы), и количество кубических сантиметров йодного раствора, израсходованного на «глухой» опыт.

Поправку на восстановление, производимое 10 см³ реактива Мюллера определяют для каждого свежеприготовленного реактива Мюллера, используя те же реактивы и в тех же количествах, но вместо анализируемого раствора добавляют дистиллированную воду.

Расчеты

Содержание редуцирующих веществ в сахаре-сырце в % определяется по формуле:

$$X_1 = [(V_1K_1 - V_2K_2) - K] / 10m$$

где V_1 — объем прибавленного раствора йода, см³;

V_2 — объем раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование избытка раствора йода, см³;

K_1 и K_2 — поправочные коэффициенты для растворов йода и тиосульфата натрия соответственно;

K — сумма поправок на восстановление сахарозы из расчета 0,2 см³ на 1 г, при определении без нагревания («глухой» опыт) и на редуцирующую способность реактива Мюллера.

m — масса пробы, г.

При применении суммы поправок 1 см³ раствора йода (0,0333 моль/дм³) соответствует 1 мг редуцирующих веществ;

Пример Количество добавленного раствора йода 20 см³. На титрование избытка йода израсходовано 20,1 см³ раствора гипосульфита.

Расход йодного раствора, вступившего в реакцию, равен $25 - 20,1 = 4,9$ см³.

Количество сахарозы в 2 г сахара-сырца $2 \cdot 97,5 / 100 = 1,95$ г, где 97,5 – содержание сахарозы в сахаре-сырце, в % к его массе.

Поправка на редуцирующую способность 10 см^3 реактива Мюллера равна $0,2 \text{ см}^3$ раствора йода, на «глухой» опыт – также $0,2 \text{ см}^3$.

Следовательно, расход йодного раствора составит

$$4,9 - 0,2 - 0,2 - 0,2 \cdot 1,95 = 4,11 \text{ см}^3.$$

Содержание редуцирующих веществ сахара-сырца составляет:

$$4,11 \cdot 100 / (2 \cdot 1000) = 0,21 \text{ (\% к массе сахара-сырца)}$$

5.7. Определение pH_{20}

Цель анализа – определить pH_{20} раствора сахара-сырца.

Принцип метода анализа состоит в определении отрицательного логарифма концентрации ионов водорода в растворе сахара-сырца, разбавленного дистиллированной водой в соотношении 1:1, при помощи рН-метра.

Приборы и материалы:

- рН – метр лабораторный;
- стакан вместимостью 50 см^3 ;
- дистиллированная вода;
- сахар-сырец.

Реактивы:

- 0,1 н раствор NaOH;
- 0,1 н раствор HCl.

Методика определения

Измерение pH_{20} проводят с помощью лабораторного рН-метра в сахар-сырце, разбавленном дистиллированной водой с $\text{pH } 7,0 \pm 0,2$ в соотношении 1:1.

Контрольные вопросы

1. Каков примерный химический состав сахара-сырца?
2. Каким показателем качества сахара-сырца определяется ожидаемый выход готовой продукции?
3. Каково значение базисной поляризации сахара-сырца?
4. Как рассчитывается прогнозируемый выход сахара при переработке сахара-сырца?
5. Какие качественные показатели сахара-сырца определяют его способность к хранению?
6. Как рассчитывается коэффициент безопасности?
7. Какое значение коэффициента безопасности обеспечивает хранение сахара-сырца без изменения его качества?
8. Какие несахара, входящие в состав сахара-сырца, влияют на фильтруемость его растворов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаенко И. Ф. Технохимический контроль сахарного производства.-М.:ВО Агропромиздат.- 1989.-215 с.
2. Бугаенко И. Ф., Якубсон М. В., Дугинова О. В., Эффективная активность известки известкового молока и её определение.
// Сахарная промышленность. – 1997. – № 2. – С. 16-17
3. ГОСТ 17421-82. Свекла сахарная для промышленной переработки. Требования при заготовках. Технические условия. М.: «Изд-во стандартов», - 1982. – 6 с.
4. Инструкция по химико-техническому контролю и учёту при переработке тростникового сахара. - М.: ВНИИСП. – 1984. – 230 с.
5. Сахар. Технические условия. Правила приемки. Методы анализа// Сборник межгосударственных стандартов. – М.: «Изд-во стандартов». – 2002. – 89 с.
6. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос. – 1999. – 495 с.
7. Славянский А. А., Сапронов А. Р. Пути повышения качества продукции в сахарной промышленности. –М.: Агропромиздат. – 1985. – 38 с.
8. Таран Н. Г. Адсорбенты и иониты в пищевой промышленности. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность. – 1983. – 248 с.
9. Чернявская Л. И., Пустоход А. П., Иволга Н. С. Технохимический контроль сахара-песка и сахара-рафинада. – М.: Колос. _1995. – 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Плотность сахарных растворов, г/см³, в зависимости от содержания сухих веществ при 20/4 °С

Содержание сухих веществ, % к массе раствора	Десятые доли процента									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,002	1,003	1,003	1,003	1,004	1,004	1,004	1,005	1,005	1,006
2	1,006	1,006	1,007	1,007	1,008	1,008	1,008	1,009	1,009	1,010
3	1,010	1,010	1,011	1,011	1,012	1,012	1,012	1,013	1,013	1,013
4	1,014	1,014	1,015	1,015	1,015	1,016	1,016	1,017	1,017	1,017
5	1,018	1,018	1,019	1,019	1,019	1,020	1,020	1,021	1,021	1,021
6	1,022	1,022	1,023	1,023	1,023	1,024	1,024	1,025	1,025	1,025
7	1,026	1,026	1,027	1,027	1,028	1,028	1,028	1,029	1,029	1,030
8	1,030	1,030	1,031	1,031	1,032	1,032	1,032	1,033	1,033	1,034
9	1,034	1,034	1,034	1,035	1,036	1,036	1,036	1,037	1,037	1,038
10	1,038	1,039	1,039	1,039	1,040	1,040	1,040	1,041	1,041	1,042
11	1,042	1,043	1,043	1,044	1,044	1,044	1,045	1,045	1,046	1,046
12	1,046	1,047	1,047	1,048	1,048	1,049	1,049	1,049	1,050	1,050
13	1,051	1,051	1,052	1,052	1,052	1,053	1,053	1,054	1,054	1,055
14	1,055	1,055	1,056	1,056	1,057	1,057	1,057	1,058	1,058	1,059
15	1,059	1,060	1,060	1,060	1,061	1,062	1,062	1,062	1,063	1,063
16	1,063	1,064	1,064	1,064	1,065	1,065	1,066	1,066	1,067	1,067
17	1,068	1,068	1,069	1,069	1,070	1,070	1,070	1,071	1,071	1,072
18	1,072	1,073	1,073	1,073	1,074	1,074	1,075	1,075	1,076	1,076
19	1,076	1,077	1,077	1,078	1,078	1,079	1,079	1,080	1,080	1,081
20	1,081	1,081	1,082	1,082	1,083	1,083	1,084	1,084	1,085	1,085
21	1,085	1,086	1,086	1,087	1,087	1,088	1,088	1,089	1,089	1,089
22	1,090	1,090	1,091	1,091	1,092	1,092	1,093	1,093	1,094	1,094
23	1,094	1,095	1,095	1,096	1,096	1,097	1,097	1,098	1,098	1,099
24	1,099	1,099	1,100	1,100	1,100	1,101	1,101	1,102	1,103	1,103
25	1,104	1,104	1,104	1,105	1,105	1,106	1,106	1,107	1,107	1,108
26	1,108	1,109	1,109	1,110	1,110	1,111	1,111	1,111	1,112	1,112
27	1,113	1,113	1,114	1,114	1,115	1,115	1,116	1,116	1,117	1,117
28	1,118	1,118	1,118	1,119	1,119	1,120	1,120	1,121	1,121	1,122
29	1,122	1,123	1,123	1,124	1,124	1,125	1,125	1,126	1,126	1,127
30	1,127	1,127	1,128	1,128	1,129	1,129	1,130	1,130	1,131	1,131
31	1,132	1,132	1,133	1,133	1,134	1,134	1,135	1,135	1,136	1,136
32	1,137	1,137	1,138	1,138	1,139	1,139	1,140	1,140	1,140	1,141

Продолжение таблицы П1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33	1,141	1,142	1,142	1,143	1,143	1,144	1,144	1,145	1,145	1,146

34	1,146	1,147	1,147	1,148	1,148	1,149	1,149	1,150	1,150	1,151
35	1,151	1,152	1,152	1,153	1,153	1,154	1,154	1,155	1,155	1,156
36	1,156	1,157	1,157	1,158	1,158	1,159	1,159	1,160	1,160	1,161
37	1,161	1,162	1,162	1,163	1,163	1,164	1,164	1,165	1,165	1,166
38	1,166	1,167	1,167	1,168	1,168	1,169	1,169	1,170	1,170	1,171
39	1,171	1,172	1,172	1,173	1,173	1,174	1,174	1,175	1,175	1,176
40	1,176	1,177	1,177	1,178	1,178	1,179	1,179	1,180	1,180	1,181
41	1,182	1,182	1,183	1,183	1,184	1,184	1,185	1,185	1,186	1,186
42	1,187	1,187	1,188	1,188	1,189	1,189	1,190	1,190	1,191	1,191
43	1,192	1,193	1,193	1,194	1,194	1,195	1,195	1,196	1,196	1,197
44	1,197	1,198	1,198	1,199	1,199	1,200	1,200	1,201	1,201	1,202
45	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,205	1,206	1,206	1,207	1,207
46	1,208	1,208	1,209	1,209	1,210	1,211	1,211	1,212	1,212	1,213
47	1,213	1,214	1,214	1,215	1,215	1,216	1,216	1,217	1,218	1,218
48	1,219	1,219	1,220	1,220	1,221	1,221	1,222	1,222	1,223	1,224
49	1,224	1,225	1,226	1,226	1,226	1,227	1,227	1,228	1,228	1,229
50	1,230	1,230	1,231	1,231	1,232	1,232	1,233	1,233	1,234	1,235
51	1,235	1,236	1,236	1,237	1,237	1,238	1,238	1,239	1,240	1,240
52	1,241	1,241	1,242	1,242	1,243	1,243	1,244	1,245	1,245	1,246
53	1,246	1,247	1,247	1,248	1,248	1,249	1,250	1,250	1,251	1,251
54	1,252	1,252	1,253	1,254	1,254	1,255	1,255	1,256	1,256	1,257
55	1,258	1,258	1,259	1,259	1,260	1,260	1,261	1,262	1,262	1,263
56	1,263	1,264	1,264	1,265	1,266	1,266	1,267	1,267	1,268	1,268
57	1,269	1,270	1,270	1,271	1,271	1,272	1,272	1,273	1,274	1,274
58	1,275	1,275	1,276	1,277	1,277	1,278	1,278	1,279	1,279	1,280
59	1,280	1,281	1,282	1,282	1,283	1,284	1,284	1,285	1,285	1,286
60	1,286	1,287	1,288	1,288	1,289	1,289	1,290	1,291	1,291	1,292
61	1,292	1,293	1,294	1,294	1,295	1,295	1,296	1,297	1,297	1,298
62	1,298	1,299	1,299	1,300	1,301	1,301	1,302	1,302	1,303	1,304
63	1,304	1,305	1,305	1,306	1,307	1,307	1,308	1,308	1,309	1,310
64	1,310	1,311	1,311	1,312	1,313	1,313	1,314	1,315	1,315	1,316
65	1,316	1,317	1,318	1,318	1,319	1,319	1,320	1,321	1,321	1,322
66	1,322	1,323	1,324	1,324	1,325	1,325	1,326	1,327	1,327	1,328
67	1,329	1,329	1,330	1,330	1,331	1,332	1,332	1,333	1,333	1,334
68	1,335	1,335	1,336	1,337	1,337	1,338	1,338	1,339	1,340	1,340
69	1,341	1,342	1,342	1,343	1,343	1,344	1,345	1,345	1,346	1,346
70	1,347	1,348	1,348	1,349	1,350	1,350	1,351	1,352	1,352	1,353

Таблица П2

Содержание СаО в известковом молоке в зависимости от его плотности

Плотность известковог о молока, г/см ³	Содержание СаО в 1 дм ³ известкового молока, г	Содержание СаО, % к массе известкового молока	Плотность известковог о молока, г/см ³	Содержание СаО, в 1 дм ³ известкового молока, г	Содержани е СаО, % к массе известково го молока
1,01	12	1,184	1,12	162	14,460
1,02	24	2,350	1,13	176	15,574
1,03	38	3,691	1,14	190	16,670
1,04	52	4,996	1,15	204	17,734
1,05	66	6,286	1,16	218	18,790
1,06	80	7,540	1,17	232	19,826
1,07	94	8,778	1,18	246	20,836
1,08	108	9,998	1,19	260	21,840
1,09	122	11,18	1,20	274	22,826
1,10	136	12,352	1,21	288	23,788
1,11	150	13,500	1,22	300	24,599