

А.А. Славянский

**САХАР И ОСНОВЫ  
ЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

Монография

Москва 2005

Славянский А.А. Сахар и основы его производства - М.: Издательский комплекс МГУПП. - 121 с.

В книге изложены основные представления о свойствах, качестве, новых видах сахара, подслащивающих веществах, источниках сахаросодержащего сырья, технологическом контроле и потерях сахара, структуре сахарного завода, технологических схемах, поверхностно-активных веществах, приведены некоторые сведения об истории развития сахарного производства в России, а также даны его основные термины и определения.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и может быть использована для подготовки соответствующих специалистов в училищах, техникумах, высших учебных заведениях, при проведении аттестации рабочих, операторов, специалистов среднего звена и ИТР сахарных заводах, а также для самостоятельного углубления знаний по основам сахарного производства.

Изложенный в книге материал может быть также полезен для расширения представления о сахаре и его производстве у специалистов, не связанных напрямую с его технологией, а занимающихся агротехническими, экономическими, юридическими и другими вопросами на сахарных заводах или работающих на фирмах, курирующих эти предприятия.

## 1. САХАР И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

### 1.1. Химический состав и основные свойства сахара

Сахар-песок представляет собой кристаллы сахарозы, получаемые путем технической и физико-химической обработки сахаросодержащего сырья: сахарный тростник, сахарная свекла и тростниковый сахар-сырец.

Сахароза – углевод, относящийся к группе дисахаридов, с химической формулой  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Молекула сахарозы построена из двух моносахаридов: глюкозы и фруктозы. Схема конфигурации молекулы сахарозы показана на рис.1.

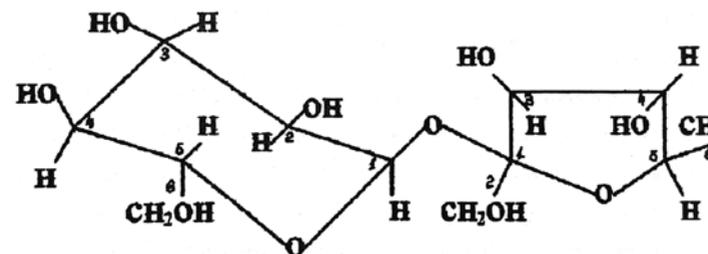


Рис.1. Схема конфигурации молекулы сахарозы

Атомы, входящие в состав молекулы, на рис.1 не изображены. В какой-то мере зафиксировано местоположение лишь атомов углерода на пересечении его валентностей. Ближе к истине пространственная модель сахарозы (рис.2), где атомы изображены в виде объемов, окрашенных разным цветом. Атомы углерода имеют черный цвет и пронумерованы подобно рис.1, кислорода — заштрихованы, а водорода — показаны белым цветом.

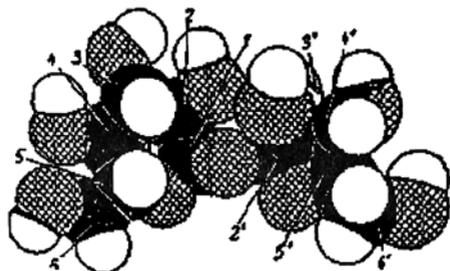


Рис.2. Пространственная модель сахарозы

Растворы сахарозы имеют сладкий вкус и обладают значительной вязкостью, которая зависит от концентрации и температуры.

Сахароза относится к оптически активным углеводам, способным вращать плоскость поляризации луча поляризованного света. При этом удельное вращение водных растворов сахарозы всегда постоянно и равно  $+66,529^\circ$  при длине волны света 589,3 нм и температуре  $20^\circ\text{C}$ , что положено в основу ее определения поляриметрическим методом.

Молекулярная масса сахарозы равна 342,303.

Сахароза не растворяется в абсолютном этиловом спирте и в большинстве других растворителей, но легко образует растворы с водой. С повышением температуры растворимость сахарозы в воде увеличивается.

Под действием кислот или ферментов происходит гидролиз сахарозы с присоединением молекулы воды. В результате образуется смесь равных количеств глюкозы и фруктозы. Поэтому технологический процесс получения сахара осуществляется в щелочной среде.

Сахароза может находиться в аморфном, расплавленном и кристаллическом состоянии. Сахарозу переводят в твердое состояние путем ее кристаллизации из пересыщенных растворов. При этом чем чище растворы сахарозы, то есть, чем меньше в них посторонних примесей, тем полнее и быстрее проходит процесс образования и роста ее кристаллов.

Бесцветные кристаллы сахарозы плавятся при температуре  $185...186^\circ\text{C}$ .

При дальнейшем нагревании расплавленная сахароза бурет и, ох-

лаждаясь, застывает в виде стекловидной массы. Изменение цветности сахара при нагревании представляет большой интерес для кондитерского производства при оценке его качества.

Сахароза кристаллизуется в моноклинной системе, образуя клинообразные кристаллы (рис.3).

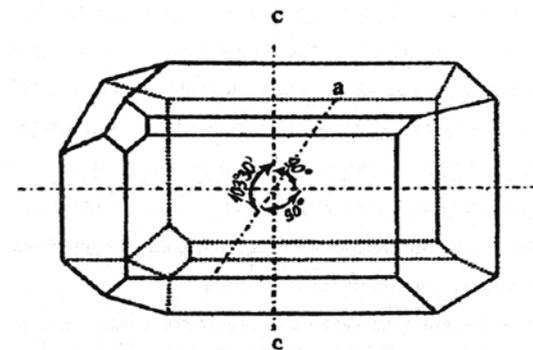


Рис. 3. Кристалл сахарозы

Рост кристаллов сахарозы от их центра неодинаков, и это различие выражается соотношением длин осей координат (а, в, с) как 1,2595:1:0,8782. При этом центр кристалла смещен несколько влево по сравнению с обычной его ориентировкой, поэтому по оси «в» он растет более быстро.

Строение кристаллов сахарозы - призматическое. Примеси могут оказывать заметное влияние на форму и вид кристаллов. В зависимости от технологических условий получения и состава примесей кристаллы могут срастаться, образуя двойники, тройники и целые агрегаты, иметь вид пластинок или иголок. Кристаллы сахара пластинчатой формы образуются по причине адсорбции на их гранях по оси «а» глюкозы, которая тормозит тем самым их рост в данном направлении. В присутствии раффинозы кристаллы удлиняются по оси «в» с образованием игольчатых форм.

Товарный вид кристаллов сахара значительно ухудшается при неоднородности их состава, особенно при возрастании доли мелкой фракции. В зависимости от размера кристаллов и их количества в 1г

различают крупную, среднюю и мелкую фракции. Крупными считают кристаллы размером от 1,5 до 2,5 мм. В одном грамме их насчитывает около 1500 шт. Средней считается фракция с кристаллами от 0,5 до 1,5 мм и содержанием их в 1 г около 3000, а мелкой – при наличии в 1 г сахара около 5000 кристаллов размером от 0,2 до 0,5 мм.

Чистая сахароза представляет собой кристаллоид, неспособный к связыванию воды. Однако сахар-песок относится к гигроскопическим материалам, интенсивно поглощающим воду из окружающей среды. Гигроскопичность сахара увеличивается с уменьшением температуры, размеров кристаллов и содержания в нем примесей, причем в значительной степени она зависит от зольности сахара-песка.

Наибольшее влияние на общую влажность сахара-песка оказывает так называемая «связанная влага», содержащаяся в пленке межкристалльного раствора на его кристаллах. Ее образование обусловлено перекристаллизацией сахарозы при высушивании сахара-песка по принятой в настоящее время на сахарных заводах типовой технологии. Для полного удаления влаги сахар-песок требуется высушивать не менее двух суток, что в реальных условиях практически невозможно осуществить. Присутствие в сахаре-песке «связанной влаги» не только ухудшает его качество, но и может вызвать цементацию кристаллов при хранении. Чрезмерное повышение влажности приводит к разжижению и превращению поверхностного слоя пленки на кристаллах сахара в питательную среду для микроорганизмов, деятельность которых приводит к разложению сахарозы и ее потерям в процессе хранения.

При влажности, выражаемой десятными долями процента, сахар-песок проявляет себя как сырой продукт с потерей такого свойства как сыпучесть. Сыпучесть сахара-песка является одним из характерных показателей его качества при выборе способа и конструкции транспортной установки.

Насыпная масса сахара-песка по данным различных литературных источников колеблется от 720 до 900 кг/м<sup>3</sup>. Подобная разница обусловлена влиянием на ее величину гранулометрического состава сахара-пе-

ска, его пористостью и влажностью. По нормам технологического проектирования ее рекомендуется принимать для большинства расчетов равной 800 кг/м<sup>3</sup>.

Сахар-песок относится к группе хрупких, способных к истиранию кристаллических насыпных грузов, кристаллы которого легко дробятся в процессе сушки, перемещения, погрузки и выгрузки.

При размерах кристаллов менее 0,10 мм сахар имеет склонность к взрывам. Наиболее опасна его смесь с воздухом при размере частиц менее 0,06 мм, для которой нижний предел взрывной концентрации составляет 35...37,5 г/м<sup>3</sup>.

## **1.2. Потребность в сахаре и подслащивающих веществах**

В основе всего многообразия нашего меню лежат белки, жиры и углеводы. Для нормального питания человека, не занимающегося тяжелым физическим трудом, ежедневно требуется в среднем 102 г белка, 97 г жира и не менее 410 г углеводов. Ценность пищевых продуктов определяется по их калорийности, то есть по количеству энергии, которую они могут дать человеку при окислении.

На долю углеводов в суточном рационе питания человека приходится около 70% углеводов. Основным поставщиком углеводов нашему организму принято считать крахмал. По сравнению с сахарозой он переваривается и усваивается значительно медленнее. Поэтому его по возможности охотно заменяют сахаром, который к тому же имеет приятный вкус.

Сахар – один из важнейших продуктов питания. Он обладает хорошими вкусовыми качествами, легко усваивается организмом, к тому же располагает большим энергетическим запасом, отличается высокой калорийностью и относительно низкой ценой. По легкости, скорости и полноте усвоения сахар среди пищевых продуктов занимает первое место. Однако, несмотря на быстроту и полноту усвоения, а также приятный вкус, сахар не должен быть единственным пищевым углеводом. К примеру, сравнительно медленнее перевариваемый крахмал снабжает

кровь глюкозой равномернее. Чрезмерное употребление сахара приводит к ожирению организма.

Доля сахарозы в углеводном питании человека не должна превышать 25%, что соответствует 125 г в сутки или 45 кг в год. Для правильного питания суточный рацион человека по сахарозе должен быть примерно 70...75 г или 25...28 кг в год. В последние годы потребление сахара на душу населения в Европе составляет около 32... 34 кг, а в России - 36...38 кг в год. В 1988 г. в СССР на человека приходилось 44 кг сахара в год, что значительно выше рекомендуемой нормы потребления.

Однако в последние годы отмечается некоторая тенденция к снижению его производства и потребления. В некоторой степени это обусловлено более активным использованием сахарозаменителей, таких как глюкозо-фруктозные сиропы, фруктоза, сорбит, ксилит, мальтит и другие подобные вещества, а также интенсивных подсластителей.

Начало появления интенсивных подсластителей относят к 1879 г., когда впервые был открыт сахарин. Он в 400 раз слаще сахарозы. Позже были синтезированы дульцин, цикломаты и ряд других подобных соединений. При этом процесс создания новых веществ продолжается и в наши дни. Из более поздних подсластителей наиболее распространен аспартам. Его получают на основе производных Г[.-аспарагиновой кислоты, и он слаще сахарозы в 200 раз.

Таблица 1

Характеристика интенсивных подсластителей

Наименование	Коэффициент сладости	Растворимость в воде при 20°, г/л	Допустимое потребление мг/кг массы тела
Ацесульфам	200	270	15
Аспартам	200	Более 10	40
Цикламаты	30	200	11
Сахарин и его Na-соль	400... 500	660	5
Сукралоза	600	120	15

Разрешенные в России интенсивные подсластители с указанием допустимых нормативов по их применению приведены в табл. 1.

Появление сахарозаменителей сопровождалось соответствующей борьбой на рынке сахара и не совсем верной критикой сахара как пищевого продукта. Этим объясняется и появление термина «белая смерть» для сахара-песка. Ему было приписано три основных отрицательных воздействия на организм человека:

- накопление избыточной массы с риском сердечно-сосудистых заболеваний;
- сахарный диабет (избыток глюкозы в крови человека);
- кариес зубов.

Естественно, что такое мнение не соответствует действительности, так как сахар в 1,5 раза менее калориен, чем жир, и более чем в 2 раза уступает по этому показателю спирту. Сахарный диабет обусловлен болезнью поджелудочной железы, а зубы требуют необходимого гигиенического ухода.

В настоящее время подслащивающие вещества нашли свою нишу на рынке сахара, и их потребление растет, что в значительной степени обусловлено их диетическими свойствами и большей сладостью по сравнению с сахарозой. Так, в Великобритании с 1988 по 1996 гг. потребление их увеличилось на 51%. Вместе с тем по ряду заменителей сахара в мире существует неоднозначное мнение. В первую очередь, это касается искусственных (синтетических) заменителей как, например, сахарин, цикламаты, дульцин. По некоторым данным они способствуют выработке в организме человека канцерогенных веществ. Это послужило основанием для исключения их из списка пищевых добавок, не представляющих опасности для здоровья человека в США, Японии и некоторых других странах.

В России разрешено использование сахарина и его натриевой соли, а также цикламата натрия и ряда препаратов на их основе, что видно из табл. 1, но установлена предельно допустимая норма их потребления

на единицу массы тела человека. Пример их использования (кг на 1 т готовой продукции) для рецептур йогурта и газированного напитка «Лесная земляника» приведен в табл.2 и 3.

Таблица 2

Рецептура йогурта с использованием сахара и подсластителей

Сырье	Расход (кг/т готовой продукции)		
Молоко цельное (3,2% жира)	750,0	748,00	748,00
Молоко обезжиренное (0,05% жира)	124,38	195,98	196,08
Сахар-песок	70,00	-	-
Подсластитель:			
аспартам	-	0,40	-
ультра-свитли	-	-	0,30
Стабилизатор		5,00	
Ароматизатор		0,220	
Краситель		0,015	
Закваска		50,00	

При этом существует мнение о нецелесообразности использования одноконпонентных подслащивающих веществ в пищевой промышленности. Это обусловлено тем, что при составлении их смесей возникают эффекты качественного и количественного синергетизма. Качественный синергетизм заключается в улучшении вкуса смеси подслащивающих веществ. Так, если сладость ацесульфама наступает и исчезает почти мгновенно, то сладость аспартама проявляется через 4..6 с и длится в течение 76,7 с, что превышает продолжительность ощущения сладости сахарозы на 16,7 с. Меняя количественное соотношение подобных веществ в их смеси, можно добиться максимального приближения к вкусу сахара.

Таблица 3

Рецептура безалкогольного газированного напитка «Лесная земляника»

Сырье	Расход (кг/т готовой продукции)				
Для приготовления сиропа					
Сахар-песок	80	40	-	-	-
Подсластитель:					
Аспартам	-	20	0,40	0,07	-
Ацесульфам К	-	-	-	0,07	-
Мегасвит 350	-	-	-	-	0,11
Ароматизатор «Лесная земляника», л	0,20				
Краситель «Понсо-4R»	0,015				
Лимонная кислота	2,40				
Сорбат калия	0,15				
Бензоат натрия	0,15				
Вода, л	до 140				
Для приготовления напитка					
Вода, л	до 1000				
Двуокись углерода	4,15				

Учитывая то, что сахар помимо придания необходимой сладости позволяет, например, обеспечить необходимую концентрацию сухих веществ в изготавливаемых продуктах, обладает разрыхляющими свойствами, то полная его замена может привести к изменению их пищевых параметров и ухудшению качества.

В настоящее время за рубежом для пищевых и медицинских целей в значительных количествах производят низкокалорийные подслащивающие вещества (аспартам, сорбит, ксилит и др.). Они находят применение при изготовлении диетических пищевых продуктов, фармацевтических препаратов, зубной пасты, жевательной резинки. Известны также исследования, подтверждающие возможность использования аспарта-

ма в смеси с  $\beta$ -каротином в качестве фармакологического средства, повышающего устойчивость организма к мутагенным воздействиям.

Основными конкурентами сахара в последние годы являются глюкоксимального  фруктозные сиропы. Потребление глюкозного сиропа с высоким содержанием фруктозы в США при изготовлении безалкогольных напитков уже в 1984 г. составляло 96%. Фактический уровень замены им сахара в хлебопекарной, консервной и молочной промышленности США соответственно составляет около 28, 60 и 40%. Согласно имеющимся сведениям, затраты на производство 1 т сахара и глюкозо-фруктозного сиропа (в одинаковом эквиваленте сладости) практически близки.

### 1.3. Качество сахара и его оценка

Качество потребительского сахара определяется количеством и составом присутствующих в нем примесей. Поэтому о сахаре-песке судят по совокупности ряда показателей его качества, которые применяются для количественного выражения содержания несахара и для определения его влияния на сырьевые свойства сахара-песка.

Сахар-песок, вырабатываемый из сахарной свеклы и тростникового практически не отличается по показателям качества, одинаковых технологических условиях его получения содержание сахарозы в нем

также одинаково. По внешнему виду практически невозможно отличить сахар-песок, полученный из сахарной свеклы и сахара-сырца. Соответствующее различие может быть установлено лишь на основе химического анализа состава их несахаров.

Характерным признаком свекловичного сахара-песка является присутствие в нем сапонинов. Их количество в кристаллах сахара не превышает нескольких миллиграммов, тогда как в сахарной свекле, в зависимости от ее качества, содержание сапонинов может быть от 0,1 до 0,3% и более. Наиболее часто для определения в сахаре сапонинов используют колориметрический метод на основе цветной реакции с

  $\text{SbCl}_5$ .

Сахар-песок из тростникового сахара-песка идентифицируют по содержанию в нем крахмала (продуктов его деструкции). Наличие крахмала устанавливают спектрофотометрически по интенсивности его синей окраски с йодом, пропорциональной концентрации крахмала в анализируемом растворе.

Сахарная промышленность России вырабатывает два основных вида сахарного песка: обычный и рафинированный. По своему химическому составу сахар-песок, как и сахар-рафинад, представляют собой практически чистую сахарозу. Однако даже незначительное присутствие в них примесей, различие их по химическому составу могут существенно повлиять на общее качество сахара.

Требования к качеству сахара-песка постоянно повышаются, что диктуется возрастающими запросами потребителей, а также совершенствованием технологии и оборудования для его получения. В 1994 г. разработаны и утверждены международный стандарт ГОСТ 21-94  «Сахар песок. Технические условия» и ГОСТ 22-94 «Сахар рафинад. Технические условия». Постановлением Комитета РФ по стандартизации, метрологии и сертификации от 13.12.95г. №599 межгосударственный стандарт ГОСТ 21-94 введен в действие в качестве государственного стандарта Российской Федерации взамен ранее существовавшего ГОСТ 21-78.

В новые стандарты, в отличие от ранее действовавших ГОСТ 21-78 на сахар-песок и ГОСТ 22-78 на сахар-рафинад, внесен ряд существенных изменений и дополнений. Так, наряду с установленными ранее органолептическими и физико-химическими показателями, были дополнительно введены требования по показателям безопасности, регламентирующим содержание тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, цинка, меди), мышьяка, пестицидов (гексахлорана, ДДТ, фостоксина), а также по микробиологическим показателям для сахара-песка, поставляемого отдельным потребителям, с установлением пределов по их содержанию:

Содержание тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг	Не более
Ртуть	0,01
Медь	1,0
Свинец	1,0
Кадмий	0,05
Цинк	3,0
Мышьяк	0,5

Содержание пестицидов	Не более
Гексахлоран ГХЦГ-гамма-изомер	0,005
Фостоксин	0,01
ДДТ	0,005

Микробиологические показатели	Не более
Количество мезофильных, аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1г	1,0 x 10 <sup>3</sup>
Плесневые грибы, КОЕ в 1г	1,0 x 10 <sup>3</sup>
Дрожжи, КОЕ в 1г	1,0 x 10 <sup>3</sup>
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), в 1г	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода Сальмонелла, в 25 г	Не допускаются

При этом сделана коррекция по органолептическим показателям. Так, в соответствующих показателях ГОСТ 21-78 характеристика сахара-песка по цвету трактовалась как «белый с блеском», а теперь в ГОСТ 21-94 – только как «белый». В физико-химических показателях качества сахара-песка несколько снижены требования к содержанию золы и цветности его растворов. Так, по ГОСТ 21-78, массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество) была установлена не более 0,03%, а в новом ГОСТ 21-94 уже допускается не более 0,04%. Помимо этого сделано уточнение о соответствии цветности в единицах оптической плотности международным единицам  $10^{-1} \text{ AU}$  с некоторым изменением их допустимых пределов по сравнению с ГОСТ 21-78. Так, если по ГОСТ 21-78 цветность в единицах оптической плотности для

обычного сахара-песка не должна была превышать 92 ед., для сахара, предназначенного на промышленную переработку, - 172 ед., а для рафинадных заводов — 207 ед, то по ГОСТ 21-94 ее допустимые пределы зафиксированы соответственно не более: 104, 195 и 234 ед.

#### 1.4. Уровень требований к качеству сахара

Уровень требований к качеству сахара-песка зависит от целей его использования. Если сахар употребляется непосредственно как пищевой продукт, например, к чаю или кофе, то потребитель особое внимание обращает на его органолептику. В этом случае сахар-песок должен быть сыпучим, не слипаться, то есть не быть влажным. Его кристаллы должны иметь однородный состав, блеск и хорошо растворяться, а их раствор не должен быть мутным.

При использовании сахара в качестве сырья при производстве других пищевых продуктов, к нему предъявляют более серьезные требования. В значительной степени эти требования обусловлены составом примесей сахара и характером их влияния на технологию и качество готовой продукции, получаемой на его основе. Так, например, при производстве напитков важное значение имеет склонность растворов сахара к пенению, микробиологические свойства, буферность среды, цветность и некоторые другие физико-химические показатели его качества. Поэтому при разработке в различных странах требований к сахару-песку особое внимание уделяют его последующему использованию.

Отечественные ГОСТы на сахар-песок, разрабатывались в соответствии с требованиями рафинадных заводов, для которых обычный сахар-песок являлся сырьем. Поэтому в отечественных ГОСТах указывается не минимальное количество сахарозы, а максимальное содержание несахаров, выраженное через минимально допустимое содержание сахарозы в пересчете на сухие вещества, то есть чистоту, равную для обычного песка 99,75%. То есть, по сути, ГОСТ 21-94 требует, чтобы стандартный сахар содержал не более  $100 - 99,75 = 0,25\%$  несахаров. При переработке сахара-песка в рафинад большое влияние на технологию его получения оказывает содержание золы, редуцирующих

веществ, цветность и влажность. Поэтому все эти показатели также предусмотрены в ГОСТ 21-94 (табл.4).

Следует отметить, что требования отечественных ГОСТ на сахар-песок и сахар-рафинад в настоящее время близки к большинству зарубежных стандартов при некоторых отличиях. В большинстве из них, в отличие от ГОСТ 21-94 и ГОСТ 22-94, зафиксированы требования к минимальному содержанию сахарозы, определяемому поляриметрическим методом.

Таблица 4

Основные физико-химические показатели ГОСТ 21-94

Показатели	Норма для	
	обычного сахара	сахара-песка на промпереработку
Массовая доля сахарозы (в пересчете на сухое вещество), %, не менее	99,75	99,55
Массовая доля редуцирующих веществ (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,050	0,065
Массовая доля золы (в пересчете на сухое вещество), %, не более	0,040	0,050
Цветность, не более:		
- условных единиц	0,8	1,5
- единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)	104	195
Массовая доля влаги, %, не более	0,14	0,15
Массовая доля ферропримесей, %, не более	0,0003	0,0003

Польским стандартом кроме основных требований, определенных ГОСТ 21 - 94, установлена величина РН, которая для обычного сахара-песка составляет 6,8...7,4, а для рафинированного — 6,9... 7,4. Стандарты Центральной Америки предусматривают процент рефлексии для обычного сахара-песка 37, а для рафинированного - 73%.

В отличие от требований ГОСТ 21-94 в стандартах ряда стран большое внимание уделяется гранулометрическому составу сахара. Наиболее строго к гранулометрии сахара подходит стандарт Великобри-

тании, который предусматривает средний размер его кристаллов 0,635 мм, а коэффициент неоднородности - в пределах 30... 37%. При этом вырабатываемый на сахарных заводах Англии сахар имеет достаточно высокий уровень и по другим показателям: цветность около 23 ед. ICUMSA, содержание инвертного сахара 0,002% и \$50, - 5,7 мг/кг.

Особого внимания заслуживает система оценки качества сахара в ЕЭС, которая для стран, входящих в это сообщество, является стандартом.

В этих государствах сахар-песок в зависимости от установленных нормативов делится на четыре категории, и три из них оцениваются в баллах. Их оценка проводится на основании подсчета баллов по таким показателям, как содержание золы, замеренной кондуктометрическим методом, тип окраски и цветность сахара в растворе. Сахар, имеющий от 0 до 8 баллов, считается сахаром I категории, от 8 до 22 баллов — II категории и более 22 баллов - III категории. Помимо оценки по баллам эти сахара должны содержать не менее 99,7% сахарозы и не более 0,04% инвертного сахара, а их влажность не должна превышать 0,06%.

Если этих показателей недостаточно для правильной оценки сырьевых свойств сахара-песка, фирмы - переработчики устанавливают дополнительные требования, обусловленные специфическими свойствами их продукции. К таким фирмам, имеющим соответствующие ТУ, можно отнести компании, работающие на российском рынке: Master Food, Mars, Man др.

Фирма Master Food при закупках сахара-песка помимо органолептических показателей требует, чтобы содержание в нем редуцирующих веществ было не более 0,05%, цветность кристаллов сахара не превышала 4,5 ед, а их раствора - 220 ед. ICUMSA, содержание нерастворимых в воде частиц находилось в пределах от 5 до 10 мг/кг, диоксида серы - не более 15 мг/кг (оптимальное содержание 10 мг/кг), а показатель кондуктометрической золы не должен быть более 0,13%. Помимо этих требований оговаривается размер кристаллов сахара в пределах 0,40... 0,85 мм при коэффициенте вариации 14... 40% с отбором для

соответствующего ситового отсева навески массой 500 г.

В отличие от отечественного ГОСТ 21-94 фирма Master Food предъявляет более мягкие требования к мышьяку и меди, содержание которых в сахаре-песке не должно превышать соответственно 0,5 и 2,0 мг/кг, но более жесткие к свинцу — не более 0,5 мг/кг.

Компания Pepsi-Cola, при некоторой близости по ряду показателей качества к требованиям фирмы ~~Мазгер-Рос~~<sup>4</sup>, более строго подходит к цветности и мутности растворов сахара-песка, считая, что они не должны превышать соответственно 35 и 20 ед. ICUMSA.

## 2. ИЗ ИСТОРИИ О САХАРЕ И ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕ

### 2.1. Первые сведения о сахаре

Родиной сахарного тростника считают Новую Гвинею, где о нем было известно задолго до н.э. Позже сахарный тростник появился в Юго-Восточной Азии, Индокитае и Восточной Индии. Именно в Восточной Индии сахарный тростник стали культивировать как культурное растение. Из его стеблей отжимали сахарный сок, уваривали его в густую массу, выдерживали несколько недель в горшках и затем хранили в виде лепешек. В начале нашей эры секрет производства тростникового сахара из Индии попал в Персию, а затем в Китай, где кроме возделывания индийских сортов, выращивали также свой местный сахарный тростник.

Сахар называли индийской солью, медом из Азии, сахаром арабским. Последнее название связано с тем, что в X в. н.э. сахарный тростник появился в арабских странах Северной Африки (Аравии, Сирии, Египте), затем в Испании и потом распространился по всему Средиземноморью.

Американский континент должен быть обязан появлению на нем сахарного тростника Христофору Колумбу, который завез его туда в период своих экспедиций в Вест-Индию (1492 - 1502 гг.). К 1600 г. сахарное производство этого района, особенно на Антильских островах, было самым крупным в мире. Сахарный тростник выращивали на плантаци-

ях и перерабатывали в сахар-сырец чернокожие рабы, вывезенные из Африки. Отсюда сахар-сырец доставлялся морским путем в Европу как колониальный товар.

В 1747г. талантливый немецкий химик Андреас Сигизмунд Марграф обнаружил в свекле сахар, аналогичный тростниковому. Сахаристость свеклы в его опытах составляла 1,5%. Он не сумел разглядеть в ней промышленной перспективы. Минувло почти столетия, пока этому открытию не дал ход его ученик-химик Франц Карл Ахард, который начал культивировать белую кормовую свеклу для повышения в ней содержания сахара. В качестве исходного посевного материала он использовал 26 разновидностей кормовой свеклы, которую собрал у магдебургских крестьян, и в 1799 г. получил из свеклы первый сахар. Образец сахара с трактатом о технологии его производства вручили королю Фридриху Вильгельму III. На полученную от короля ссуду Франц Карл Ахард купил в Нижней Силезии имение, где в 1801 г. построил первый в мире свеклосахарный завод. В 1802 г. на этом заводе было переработано 250 т свеклы урожая 1801 г.

Результаты работы Ф.К. Ахарда послужили фундаментом для развития французской сахарной промышленности, а завоевать Европу свекле помог Наполеон, начав многолетнюю войну с Англией. В 1806 году им был издан декрет о континентальной (торговой) блокаде Великобритании, что лишило Европу привозного сахара.

### 2.2. Появление сахара в России и начало его производства

Тростниковый сахар как «заморский товар» стал известен на Руси уже в XII в., но по своей стоимости стал доступен отдельным слоям ее населения только с XVI в. в связи с развитием морской торговли через Архангельск. В начале XVII в. сахар являлся уже более распространенным продуктом при царском дворе и среди богатой знати. Его поставляли в Россию в виде сахара-леденца или сахарных голов. Кроме этого спросом пользовались изделия на сахаре: варенье, засахаренные ягоды и фрукты.

Долгое время сахар был недоступен для простых людей. Его можно было купить в аптеках, где он считался дорогим лекарством, и одно время его продавали на вес серебра. Существовала даже аптекарская расценка – золотник, который по массе соответствовал 4,3 г сахара и стоил 1 рубль. В аптеках продавался не только «заморский» сахар, но и небольшое количество сахара, полученного из отечественного сырья, как в виде кристаллов, так и в виде соков и сиропов, необходимых для приготовления ряда лекарств.

С середины XVII в. (по другим данным с XVIII в.) в связи с употреблением чая (быстро ставшего национальным напитком русских), а несколько позже - кофе, в России заметно усилился спрос на сахар.

При Петре I оживилась торговля через Балтийское побережье, что позволило увеличить ввоз «заморских товаров» и, в том числе, сахара. Однако белый сахар стоил дорого, и поэтому было принято решение наладить его производство в России из привозного тростникового сахара-сырца.

Указом от 14 марта 1718г. Петр I предписал московскому купцу Павлу Вестову построить сахарный завод по производству головного сахара из сахара-сырца. В 1719 г. в Санкт-Петербурге, на Выборгской стороне, рядом с корабельной пристанью начал работать первый российский сахарный завод.

Его производственная мощность составила 600 пудов головного сахара-рафинада в год. Сахарная голова имела коническую форму массой 16,38 кг (один пуд).

Для ограждения завода П. Вестова от конкуренции со стороны английских и американских купцов Петр I обещал запретить ввоз готового сахара в Россию. Со своей стороны П.Вестов был обязан вырабатывать сахар по качеству не хуже заграничного и продавать его по цене не выше рыночной, да еще «... с некоторой уступкой, понеже с работниками и с прочим в России дешевле заморского».

Успехи первого завода в России побудили Петра I издать в 1721г. указ «О запрещении ввоза сахара в Россию». В 1723г. П. Вестов по-

строил сахарные заводы в Москве и Калуге. Несколько позже заводы построили и в других городах - Риге, Архангельске, Одессе.

К концу XVIII в. России уже действовало 20 сахарных заводов, что потребовало значительных затрат на ввоз сахара-сырца из-за границы (5... 7 млн. руб.). В двадцатых годах XX в. ежегодные расходы на эти цели достигли 29 млн. руб. Поэтому вопрос о поиске отечественного сырья для производства сахара был очень актуален и важен для России.

В связи с появлением положительных результатов по использованию для этих целей сахарной свеклы в сентябре 1800 г. Павлом I был издан указ «Об отводе свободных земель в Южных Краях России желающим разводить свекловичные плантации для делания сахара» (без обложения налогом). Данное государственное решение стало основой для развития отечественной сырьевой базы.

### 2.3. Первый свеклосахарный завод и его значение для развития сахарного производства в России

Первопроходцем и разработчиком отечественной технологии свекловичного сахара стал Яков Степанович Есипов. В ходе соответствующих исследований в этом направлении в период с 1799 по 1801 гг. он создал оригинальную технологию получения сахара из свеклы, которая в усовершенствованном виде используется во всем мире и сегодня.



Рис.4. Первый сахарный завод в России. Общий вид (представлен по описанию И.Т. Воронова): 1- главный корпус сахарного завода; 2 - хозяйственный двор и помещения для хранения свеклы; 3 - кладовая завода и склад дров; 4 - дом владельца сахарного завода; 5 — винокурня и хозяйственные постройки

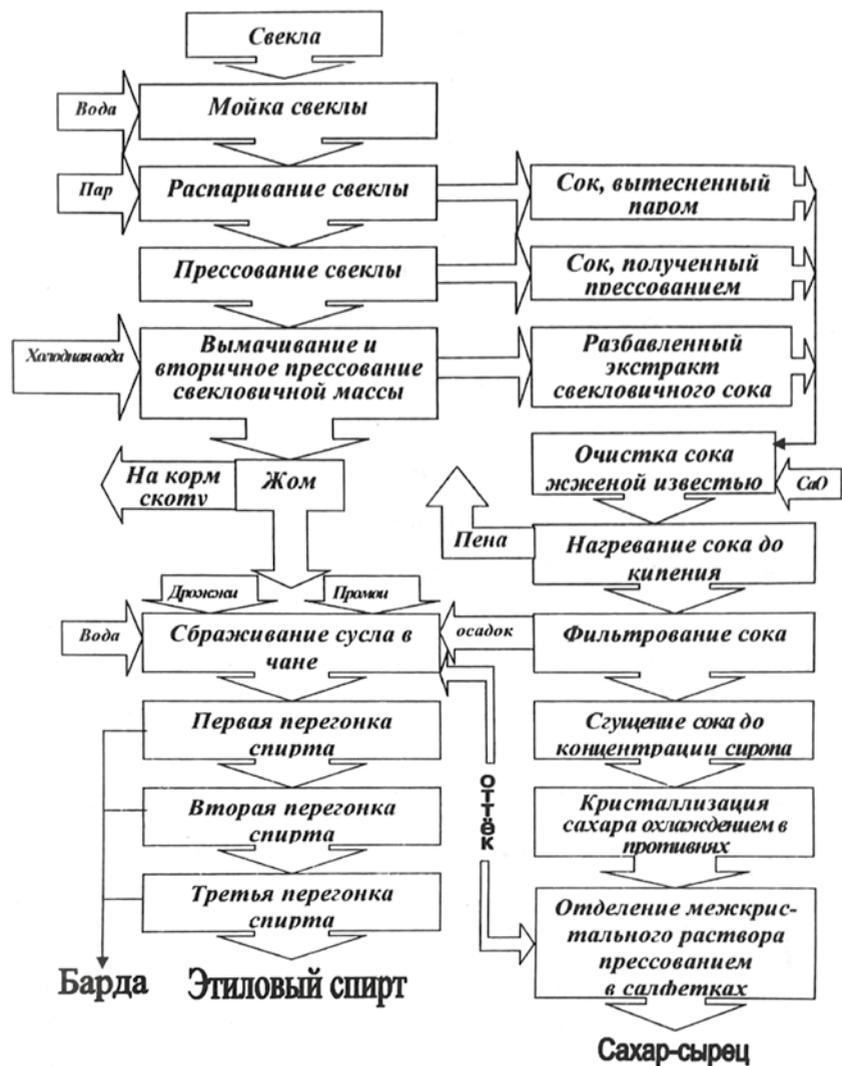


Рис.5. Технологическая схема Алябьевского свеклосахарного завода (1802/1803 гг.)

В 1802 г. Я.С.Есипов построил в селе Алябьево Чернского уезда Тульской губернии первый в России свеклосахарный завод. Общий вид сахарного завода приведен на рис. 4.

Технологическая схема Алябьевского свеклосахарного завода приведена на рис.5.

Получение сока и ряд последующих операций по технологии его очистки по схеме Алябьевского завода, в отличие от подобных решений немецких ученых того времени, являются более эффективными.

Так, для очистки сока от несахаров Я.С.Есипов применил не серную кислоту, а щелочной метод академика Товия Егоровича Ловица. Именно Т.Е. Ловиц впервые установил, что в присутствии негашеной извести (CaO) или едкой щелочи (NaOH) сахароза в водных растворах практически не разрушается. По технологии Я.С. Есипова все отходы производства (промои, часть жома и др.), содержащие еще значительное количество сахарозы, перерабатывались на этиловый спирт. Барда после отгонки спирта и оставшаяся часть жома направлялись на корм скоту.

В производственный сезон 1802/1803 гг. на Алябьевском заводе было получено около 5 т сахара-сырца из свеклы, убранный с 12 га. Чистота полученного из свеклы сахара-сырца была около 85%. Давая оценку качеству сахара-сырца, полученного на Алябьевском свеклосахарном заводе, профессор Московского университета Ф.Ф.Рейс в 1808 г. писал, что «он был светложелт, в изломе целого куска кажется он зернист, бывши терт в перстах, рассыпается он в свои хрустали и никоим образом не сминается в комы».

Поступавший в то время в Россию «заморский» тростниковый сахар-сырец имел значительно меньшую чистоту - около 58%.

В 1803 г. в с. Никольское Я.С. Есиповым был построен и пущен в работу второй, технически более совершенный, завод по выработке сахара из свеклы в виде сахара-сырца и сахара-рафинада, где также получали спирт и на его основе - ликер.

Производительность завода была рассчитана на выработку из свеклы 3 тыс. пудов сахара-сырца в год.

Постройка Алябьевского и Никольского свеклосахарных заводов оказала большое влияние на строительство новых заводов, формирование, становление и развитие сахарной промышленности России.

В 1825 г. семь свеклосахарных заводов России вырабатывали 15 тыс.

пудов сахара в год, а в 1860/61 г. их насчитывалось около 300, и они поставляли на отечественный рынок почти 65 тыс. т сахара в год.

Начиная с 1844 г., на отечественных сахарных заводах стали внедрять паровые двигатели, выпарные установки и вакуум-аппараты, работающие под разрежением, что по сути стало переходом от огненного грева к паровому. Техническое перевооружение заводов позволило снизить стоимость одного пуда сахара с 30,5 руб. в 1802 г. до 2,32 руб. в 1912г.

Экспорт российского сахара в 1891/1900 гг. равнялся около 103,4 тыс.т. а уже в 1911/1914 гг. - по 257 тыс. т в год (табл.5).

Таблица 5

*Рынок сахара в России в 1861-1914 гг.  
(по данным проф. А.П.Сапронова)*

Годы	Показатели о сахаре, в среднем за 1 год, т		
	Производство	Импорт	Экспорт
1861-1870	67681	15659	5,7
1891-1900	593379	3094	103401
1911-1914	2052854	2971	257028

По производству свекловичного сахара дореволюционная Россия занимала второе место в мире после Германии. В результате революции 1917 г., войны с Германией 1914 - 1917 гг. и Гражданской войны в России к 1921 г. производство сахара снизилось до 51 тыс. т в год. В 1941 г. число сахарных заводов достигло 211, а выработка сахара превысила 2 млн. т. После второй мировой войны к 1965 г. СССР вышел на первое место в мире по производству и потреблению сахара на душу населения - 296 свеклосахарных заводов выработали 8,9 млн. т сахара из сахарной свеклы и 2,1 млн. т из импортного сахара-сырца.

В 1991 г. сахарная промышленность СССР насчитывала 318 свеклосахарных заводов, которые перерабатывали 840 тыс. т свеклы. В производственный сезон 1990/1991 гг. было выработано 12,3 млн.т сахара-песка, из которых 3,8 млн. т было получено из импортного сахара-сырца.

Общая площадь посевов сахарной свеклы на тот период составляла 3,5 млн. га или 40% от общих посевных площадей в мире. В настоящее время 2/3 сахара России вырабатывается из импортного сахара-сырца, а из отечественного сырья - сахарной свеклы производят только 1/3. В производство сахара вовлечено 25 из 89 регионов страны, из которых только в двух производят рафинад.

#### 2.4. Современное состояние сахарной промышленности

Производство сахара занимает одно из первых мест среди отраслей пищевой промышленности. В настоящее время в мире насчитывается свыше 1600 тростниково-сахарных и около 1000 свеклосахарных заводов, из которых около 800 находится в Европе.

При этом 112 стран имеют собственную сахарную промышленность, в 30 из которых в качестве сырья используется свекла, а в 70 – только сахарный тростник. Климатические условия десяти стран позволяют получать сахар, как из сахарной свеклы, так и из сахарного тростника.

Число сахарных заводов постоянно меняется - закрываются малопродуктивные, устаревшие и строятся более крупные и более мощные заводы. Так, например, за последние 20 лет в странах ЕЭС количество сахарных заводов уменьшилось на 38%. Больше всего заводов было закрыто в Италии (41 или 53%). Производственная мощность сахарных заводов в Англии колеблется от 3,5 до 12 тыс. т переработки свеклы в сутки, а суммарная суточная производительность составляет 75 тыс т. Увеличилось количество заводов производственной мощностью 5...8 тыс. т. 8...12 тыс. т и более 12 тыс. т переработки свеклы в сутки. Сум-марная производственная мощность всех сахарных заводов Франции увеличилась за это время более чем в три раза. То есть наблюдается тенденция к увеличению единичной мощности свеклосахарных заво-дов до 9...12 тыс. т переработки свеклы в сутки. Самый большой в мире завод по переработке сахарной свеклы «Соппаше» имеет производ-ственную мощность 25 тыс. т переработки свеклы в сутки. В Таиланде сдан в эксплуатацию сахарный завод «Super Fabric» производственной

мощностью 26 тыс. т переработки тростникового сахара-сырца в сутки, где работает 12 тыс. человек.

В России насчитывается 93 сахарных завода общей мощностью 275 тыс. т переработки сахарной свеклы в сутки, 80 из которых имеют схемы для производства сахара-песка из тростникового сырца, три сахаро-рафинадных завода и два рафинадных цеха.

В табл. 6 приведены данные по площадям посева, урожайности и валовому сбору сахарной свеклы в период с 1996 по 2003 гг.

Таблица 6

Данные по площадям посева, урожайности и валовому сбору сахарной свеклы в период с 1996 по 2003 гг.

Годы	Площади посева, тыс. га	Урожайность, т/га	Объем заготовок, тыс. т
1996	1060	15,3	16166
1997	933	14,8	13880
1998	810	13,3	10798
1999	900	16,9	15227
2000	806	17,5	14053
2001	773	18,8	14556
2002	809	21,9	15665
2003	924	22,7	19240

В табл.7 приведены данные производства в России сахара из свеклы и сахара-сырца за период с 1996 по 2002 гг. (данные Госкомстата и ГТК России).

Таблица 7

Производство сахара из свеклы и сахара-сырца в период с 1996 по 2002 гг. (тыс. т)

Годы	Производство сахара из	
	сахарной свеклы	сахара-сырца
1996	1711	1583
1997	1337	2419
1998	1274	3470
1999	1520	5287

2000	1563	4513
2001	1613	4977
2002	1616	4543

В 2003 г. из свеклы было произведено 1891 тыс. т сахара-песка, т.е. на 17% больше, чем в 2002 г.

Потребление сахара в России оценивается примерно в 6 млн. т в год, из которых 2/3 приходится на население, 1/3 – пищевую промышленность. Причем имеет место устойчивая тенденция к увеличению потребности в сахаре для промышленных нужд. Самым крупным переработчиком сахара является кондитерская промышленность. Ежегодно она потребляет 1 млн. т сахара. Остальные производства потребляют значительно меньшее количество сахара-песка. Так, например, молочная промышленность, находясь на втором месте после кондитерской, перерабатывает только 200...220 тыс. т сахара в год.

### 3. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

#### 3.1. Анализ ситуации с сырьем в отечественной сахарной промышленности

Основным сырьем для производства сахара является сахарный тростник и сахарная свекла. Их урожай и технологическое качество зависят от сорта, условий возделывания, количества вносимых удобрений, продолжительности вегетационного периода, сроков уборки, условий поставки на завод и технологии хранения.

Тростниковый сахар на сегодняшний день дешевле, чем свекловичный, что обусловлено меньшими затратами на выращивание сахарного тростника и его переработку. В табл. 8 приведены обобщенные данные по выращиванию сахарной свеклы и сахарного тростника.

Производственные затраты на выработку сахара из тростника примерно на 30% меньше, чем на его получение из сахарной свеклы. Длительность производственного сезона на тростниково-сахарных заводах

в некоторых странах превышает 300 суток, что существенно снижает накладные расходы при производстве сахара-сырца. Однако в перспективе, по мнению специалистов, эта разница может значительно сократиться ввиду прогнозируемых успехов в области селекции сахарной свеклы.

В России основным сырьем для производства сахара всегда была сахарная свекла. Она является одной из основных технических культур, имеющих важное экономическое значение. Выращивание сахарной свеклы повышает плодородие почв и на фоне высокой культуры земледелия способствует повышению урожайности других культур. Однако по сравнению с другими культурами сахарная свекла требует значительно больших затрат труда и средств. Высокие цены на технику для ее посева, выращивания и уборки, а также средства защиты растений, повышение цен на топливо, рост заработной платы и другие расходы приводят к росту себестоимости продукции.

Таблица 8

*Сопоставление сырьевых показателей сахарной свеклы и сахара-сырца и условий их выращивания*

Показатели	Сахарная свекла	Сахарный тростник
Сахаристость, %	15...20(22)	7...18(22)
Урожайность, т/га	40...70	45...100
Сбор сахара, т/га	6...9	5...10
Длительность производственного сезона, сут.	80...100	150...300
Период вегетации, мес.	Более 6	12...14
Потребность в воде на 1 кг сухого вещества, л	200	500
Трудоемкость, чел/ч	20...420	40...300
Условия выращивания		
климат	умеренный	субтропический тропический
почва	одинаковая (гумусовая)	
размножение	семена	вегетативный способ

защита растений	одинаковая, но зависит от климатических условий	
требования к пищевым показателям	одинаковые	
отходы	листья, головки, жом	отсеченные верхушки, багасса

Считается, что возделывание сахарной свеклы становится рентабельным при урожайности корнеплодов выше 30,0 т/га. С увеличением урожайности до 40...50 т/га, несмотря на рост затрат, снижается себестоимость продукции, а рентабельность возрастает до 20...37%.

Расходы на выращивание сахарной свеклы, %

- возделывание, удобрения, средства защиты	34
- семена	12
- зарплата	20
- содержание основных средств	11
- работы и услуги	10
- прочие расходы	13

В настоящее время, в результате несбалансированных закупок сахара за границей, распада колхозов, оттока населения из сельской местности, высоких цен на семена, минеральные удобрения и средства защиты растений выращивать сахарную свеклу и производить из нее сахар стало невыгодно. Оказалось, проще закупать тростниковый сахар-сырец в качестве сырья для отечественной сахарной промышленности. Поэтому в последние годы сахарная промышленность России увеличила удельный вес тростникового сахара-сырца с 30...35% в восьмидесятых годах до более чем 70% в последние годы. Преобладание тростникового сахара-сырца позволило сахарной промышленности значительно увеличить сезон «сахароварения» и за счет этого улучшить использование производственных мощностей. Однако это привело к существенным негативным явлениям для отечественного свеклосахарного производства.

В 2003 г. отмечено некоторое увеличение посевных площадей са-

харной свеклы, которые по данным Госкомстата России оцениваются в 924 тыс. га. Улучшилась ее урожайность, достигшая в 2003 г. 22,7 т/га, а валовой сбор сахарной свеклы составил 19240 тыс. т (табл. 6).

### 3.2. Образование и накопление сахарозы в клетках растений.

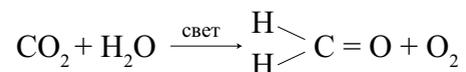
#### Основные факторы, влияющие на это процесс

Сахароза, как крахмал, пектиновые вещества и некоторые другие углеводы, является природным соединением и образуется в зеленых листьях растений из неорганических веществ под действием фотосинтеза («фотос» – свет, «синтез» - соединение). Этот процесс наиболее интенсивно протекает при температуре 18... 22°C.

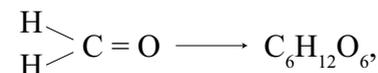
Явление фотосинтеза впервые открыл академик К.А. Тимирязев. По существующим представлениям, углеводы образуются под влиянием солнечного света из диоксида углерода и воды. Нормальное содержание углекислоты в атмосфере 0,03%. Ассимиляция CO происходит через устьица листьев, занимающие не более 1% их поверхности. Установлено, что сахарная свекла при урожае 400... 500 ц с гектара за время вегетации поглощает 30...40 т диоксида углерода в виде углекислоты. Кроме этого, часть ее поставляется растениям через их подпитку органическими удобрениями.

Результатами исследований по углеводному обмену доказано, что органические удобрения усиливают синтез сахарозы, способствуют перетоку моносахаридов из листьев в корнеплод, повышают его сахаристость и улучшают технологическое качество свеклы.

В процессе синтеза, который протекает в ассимилирующих тканях растений на клеточном уровне, шесть молекул CO<sub>2</sub> присоединяют соответствующее количество молекул H<sub>2</sub>O с образованием молекулы моносахарида. При этом первым продуктом ассимиляции является формальдегид



затем молекулы формальдегида конденсируются, образуя гексозу



что требует на 1 г/моль гексозы 2872 кДж теплоты (энергии солнечного света). То есть растения как бы аккумулируют в себе энергию солнца в виде химической энергии углеводов.

К.А. Тимирязев образно назвал растение посредником между небом и землей, истинным Прометеем, похитившим огонь с неба.

Образовавшиеся моносахариды из клеток по сосудистым пучкам листьев (коллекторной системе) транспортируются в корнеплод. Именно в ходе данного перемещения они подвергаются воздействию ферментов и синтезируются в сахарозу.

Только растения способны образовывать непосредственно из минеральных соединений сложные органические вещества, необходимые для обеспечения нормального течения жизненных процессов самих растений и живых организмов.

Для накопления растениями сахарозы существенное значение имеет величина их листовой поверхности. Сахарная свекла из всех сельскохозяйственных растений имеет поверхность листьев равную 7 тыс. см<sup>2</sup>, тогда как, например, у картофеля она почти в два раза меньше. От величины листового аппарата в начале вегетации зависит урожайность свеклы, а по ее завершению - уровень сахаристости. Продолжительность жизни листьев колеблется от 20 до 70 дней, а за вегетационный период их развивается от 50 до 90 шт. на одном корнеплоде. Содержание хлорофилла в листьях колеблется, что обуславливает интенсивность их окраски. Установлено, что более темная окраска листьев соответствует, как правило, более урожайным сортам свеклы, а светлая – сахаристым.

Кроме того, при оптимальном почвенном питании листья сахарной свеклы усваивают солнечной радиации в 1,5...2 раза больше, а прирост биомассы на удобренных почвах в 2... 3 раза выше, чем без удобрения.

Для нормального роста и развития сахарной свекле требуется до 85 различных элементов. Обычно почва содержит большинство из этих элементов питания в достаточном количестве. Однако фосфора, азота

и калия в доступных формах для их ассимиляции растениями в большинстве почв не хватает. Поэтому эти компоненты вносят в почву дополнительно в виде удобрений.

Фосфор способствует нормализации процессов дыхания и фотосинтеза, быстрому развитию корневой системы, участвует в процессах накопления сахара в клетках свеклы. Азот необходим для образования сложных белковых соединений, без которых невозможен рост свеклы. Он является составной частью ядра, протоплазмы и хлорофилла. При недостатке азота листья свеклы желтеют и засыхают, а чрезмерное его содержание приводит к снижению ее сахаристости. Калий играет важную роль в ассимиляции углерода и накоплении органической массы. В его присутствии азот лучше связывается в белковую форму.

Количество минеральных удобрений, вносимых в почву, зависит от наличия в ней соответствующих питательных веществ. Известно, что для сахарной свеклы, на каждые 100 ц ее урожая, требуется в среднем 40 кг азота (N), около 15 кг фосфора ( $P_2O_5$ ) и примерно 50 кг калия ( $K_2O$ ).

В Англии, например, под сахарную свеклу в среднем на один гектар вносят 60 кг  $P_2O_5$ , 120 кг N, 140 кг  $K_2O$ .

Помимо удобрений на урожайность сахарной свеклы большое влияние оказывают агротехнические условия ее возделывания, сорт, вид почвы, климатические условия и ряд других факторов. В большей степени урожайность зависит от присутствия в почве питательных веществ, по некоторым данным на этот фактор отводится около 30%. От климатических условий и сорта свеклы урожайность ее может изменяться примерно на 20%, а от почвы и условий ее обработки - на 10... 15%.

Оценивая урожайность сахарной свеклы в России, следует отметить ее низкий уровень по сравнению с другими странами. Так, если в 2003 году она составила в России 22,7 т/га, то, например, в Англии в среднем собирают около 44 т корнеплодов с 1 га, урожайность сахарной свеклы в Польше - 38 т/га, а во Франции - 60 т/га.

### **3.3. Химический состав перерабатываемого сырья и требования к его качеству**

#### Сахарная свекла

Она считается двухлетним растением, хотя при соответствующих условиях и уходе сахарная свекла может расти и давать семена в течение трех и более лет. Ее относят к древнему семейству Маревых или солянковых (*Chenopodiaceae*). Она не боится засоленных почв и может служить биологическим средством для ее рассоления. Так, например, известно, что при урожайности 300 ц с га сахарная свекла забирает из солонцовых почв от 2,1 до 3,75 ц хлора, вызывающего их засоление.

Сахарная свекла является засухоустойчивым растением, и на образование единицы сухого вещества она расходует значительно меньше воды, чем, например, пшеница или картофель. Это обусловлено тем, что она имеет хорошо развитую корневую систему, позволяющую забирать воду из глубоких слоев почвы. На легкопроницаемых почвах корневая система свеклы в отдельных случаях может проникать на глубину до шести метров.

В свекле, достигшей технической зрелости, накапливается 14... 18% сахарозы, а в листьях – от 1 до 3,5% моносахаридов. Корнеплоды свеклы первого года используют как сырье для производства сахара-песка, а второго, после сбора семян, скармливают животным.

Величина и форма корнеплода свеклы могут быть различными и зависят от условий выращивания, глубины вспашки, влажности и плотности почвы в период ее роста и развития. Так, в условиях повышенной плотности почвы корнеплоды имеют, как правило, бочковидную или округлую форму, а при высокой ее влажности – формируются укороченные корнеплоды.

Общая длина корнеплода составляет 20...35 см, а толщина его по наибольшему диаметру достигает до 15 см. Обычно его масса не превышает 1 кг, но при благоприятных условиях роста может достигать 16 кг.

Сахароза распределена в корнеплоде неравномерно. Наибольшее ее содержание сосредоточено в основании шейки и в центральной части тела корнеплода.

В зависимости от почвенно-климатических условий, агротехники, сорта и других факторов в 100 кг сахарной свеклы в среднем содержится 75...76 кг воды, 24...25 кг сухих веществ, 1,5 кг азотистых органических веществ, 0,7 кг безазотистых органических веществ и 0,6 кг минеральных веществ. На долю обессахаренной свекловичной массы приходится около 7 кг, из которых 4,5 кг является нерастворимым несакхаром и 2,5 кг - связанной водой. При переработке сахарной свеклы ее нерастворимая мякоть удаляется из производства в виде жома.

Приемку сахарной свеклы, отбор образцов, определение загрязненности и сахаристости проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 17421-82 «Сахарная свекла для промышленной переработки. Требования при заготовках. Технические условия», договора контракта и Инструкции по приемке, хранению и учету сахарной свеклы.

Сахарную свеклу принимают партиями. Партией считается любое количество свеклы, доставленное в одной транспортной единице и оформленное одним документом. Кондиционную свеклу направляют в кагаты длительного хранения, а некондиционную - в переработку или в кагаты кратковременного хранения на срок 2... 3 недели.

Одним из важнейших мероприятий по обеспечению сохранности свеклы и снижению потерь свекломассы и сахара при хранении является наращивание складских мощностей с активным вентилированием за счет строительства для этих целей механизированных складов и площадок с твердым покрытием. В последние годы в различных странах стали практиковать хранение мытой свеклы. Среднесуточные потери сахарозы при хранении мытой свеклы составляют около 0,013%, а для невымытой - 0,015%. Считают, что наиболее рационально хранение мытой свеклы в восточных районах страны при замораживании ее естественным холодом.

При хранении и переработке сахарной свеклы следует учитывать

ее сорт, особенно при складировании ее в кагаты. Необходимо в первую очередь направлять в переработку корнеплоды высокосахаристых и помеллоидных сортов, затем - односемянных и лишь потом - многосемянных сортов. Усовершенствование сортового состава посевов свеклы позволит организовать сетевой метод ее уборки, хранения и переработки с учетом сортовых особенностей, что даст возможность значительно снизить потери сахарозы на всем технологическом потоке и облегчит получение сахара-песка требуемого качества.

#### Сахарный тростник

Он, в отличие от сахарной свеклы, является многолетним растением и относится к семейству злаковых. При этом его выращивают не из семян, а используют в качестве посадочного материала куски верхней части его стебля. Снаружи стебель тростника имеет защитный древесный слой, а внутри губчатую белую ткань, насыщенную сахарным соком. Сахаристость, как и урожайность сахарного тростника, зависят от климатических условий, сорта и ряда других факторов. Так, например, сахаристость тростника, выращиваемого в Южной Африке, составляет 8-10%, в Луизиане - около 12%, а на Кубе, Филиппинах и в ряде других подобных стран может быть до 17% и выше. Урожайность сахарного тростника на Кубе составляет около 48 т/га, а на Гавайских островах и Яве - в среднем 90 т/га.

Сахарный тростник имеет следующий примерный состав, % к его массе:

Вода	72,0;
Сахароза	13,0;
Инвертный сахар	1,0;
Клетчатка и гемицеллюлозы	12,0;
Пектиновые вещества	0,2;
Азотистые вещества	0,4;
Органические кислоты	0,2;
Зола	0,8;
Воск, жир	0,2;

Смолы 0,2.

В состав его высокомолекулярных соединений могут также входить крахмал, декстран и другие химические компоненты. Основным отличием сахарного тростника от свеклы является повышенное содержание в нем редуцирующих веществ. Содержание азотистых соединений в тростнике ниже, чем в сахарной свекле, и они находятся в ином соотношении. Среди минеральных соединений преобладают соли калия, кремния и фосфора, а соли кальция и магния присутствуют в незначительном количестве. Нерастворимая часть сахарного тростника в основном представлена целлюлозой и гемицеллюлозами при незначительном содержании в нем пектиновых веществ.

Ввиду этих различий по химическому составу, а также по структуре их растительных тканей, технология получения сахара из тростника существенно отличается от свеклосахарного производства.

По традиционно сложившимся условиям в большинстве стран, выращивающих сахарный тростник, из него производят сахар-сырец, а не сахар-песок. Большой частью чистота сахара-сырца составляет 96...98%, и его экспортируют в другие страны, как и в Россию, в виде сырья для получения из него сахара-песка. В 2003 г. на отечественные заводы основная масса сахара-сырца была поставлена из стран Латинской Америки, что составило 86,7% от всей его массы. При этом наибольшее количество сырца было завезено из Бразилии (58%), Кубы (17,4%), Гватемалы (6,6%). Из Юго-Восточной Азии (Таиланд) было ввезено в Россию 13,3%.

#### Тростниковый сахар-сырец

Тростниковый сахар-сырец является полидисперсным кристаллическим веществом с кристаллами размером от 0,2 до 1,5 мм, покрытыми пленкой межкристалльного раствора, в которой находится основная масса несахаров. По внешнему виду он не отличается от свекловичного, но наличие ароматических веществ и эфиров придает ему фруктовый запах и приятный вкус. Основное различие между тростниковым

и свекловичным сахаром-сырцом заключается в количестве и составе несахаров.

В качестве примера ниже приводится химический состав кубинского сахара-сырца, % к массе сахара-сырца:

<b>Основные показатели качества</b>	<b>Допустимые пределы</b>
Сахароза (поляриметрически)	96...98;
Влага	0,5... 0,8;
Несахара	1,525
редуцирующие вещества	0,6... 0,9;
прочие органические вещества	0,7... 1;
зола углекислая	0,4...0,5;
Цветность, усл. ед.	35...45;
РН раствора сахара-сырца	6,0... 6,5

В 100 г тростникового сахара-сырца содержится 0,6... 1,0 мг-экв аминокислот и амидов, в том числе аспарагиновой и глутаминовой кислот, аланина, глицина, лизина, серина, треонина, тирозина, аспарагина, глутамин. Среди них преобладает аспарагин, аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты.

Минеральные примеси представлены в основном оксидами калия, кальция, магния, хлоридами и сульфатами этих металлов.

Технологические свойства сахара-сырца в значительной степени определяются наличием в нем веществ коллоидной дисперсности, высокомолекулярных соединений, редуцирующих сахаров и красящих веществ. Они ухудшают очистку сахара-сырца и условия ее фильтрации. Основная масса несахаров, что составляет около 80% от их массы, находится на поверхности кристаллов и легко удаляется аффинацией.

В настоящее время в мировой практике отсутствуют единые требования к сахару-сырцу как сырью. В некоторых странах эту оценку проводят по величине рандемана. Под этим термином понимают процентное содержание сахарозы, которое можно получить из сырца, для данных условий его переработки на заводе.

Наиболее распространена формула подсчета рандемана, имеющая вид,

$$\text{Рандеман} = P - (5 \times 3 + 1 \times PB),$$

где P - содержание сахарозы, определенное поляриметрическим методом, %; 3 – содержание золы в сахаре-сырце, %; PB – содержание редуцирующих веществ в сахаре-сырце, %.

В отличие от данной формулы подсчета рандемана в Нидерландах от содержания сахарозы вычитают пятикратное содержание золы и двукратное - редуцирующих веществ, а в Англии – трехкратное количество золы и двукратное - редуцирующих веществ.

Иногда рандеман рассчитывают с учетом общего содержания в сахаре-сырце несахара: Рандемен = P — HCX;

$$\text{Рандеман} = P - 1,667 \times HCX,$$

где HCX - содержание несахара в сахаре-сырце, %.

В Польше рандеман определяют по формуле

$$\text{Рандеман} = P - 5(3 + PB) \times K,$$

где K - коэффициент, учитывающий pH сахара-сырца. Его величину принимают равной 0,25, если сахар-сырец имеет кислую реакцию, и равным нулю - для щелочной или нейтральной среды. Если содержание редуцирующих веществ в сахаре-сырце менее 0,05%, то их в расчете не учитывают. В этом случае ориентировочный выход сахара-песка определяют по формуле

$$S = 2 \times P - 100,$$

где S - предполагаемый выход товарного сахара из сырца, %.

Такой расчет для оценки торговой стоимости сахара-сырца применяют страны ЕЭС. Базисным считается 96%-ное содержание сахарозы в сырце.

Сахар-сырец называют некондиционным, если он содержит менее 93% сахарозы. Содержание влаги в сырце не должно превышать 0,7%.

При закупках сахара-сырца для сахарных заводов в США в первую очередь ориентируются на такие показатели его качества как коэффи-

циент надежности, который не должен превышать 0,3; цветность – не более чем 100...200 ед ICUMSA; фильтруемость за 10 мин - 45...140 мл и содержание кристаллов размером менее 0,6 мм допускается от 20 до 50%.

Однако основным показателем качества тростникового сахара-сырца является процентное содержание в нем сахарозы. Содержание сахарозы в сахаре-сырце, определенное поляриметрическим методом, почти всегда ниже истинного на 0,20... 0,33%.

Сахар-сырец чистотой 97... 98% считается хорошего качества, а при чистоте менее 96% — низкого качества.

В табл.9 приведены средние качественные показатели сахара-сырца, поставляемого в Россию из некоторых зарубежных стран.

Таблица 9  
Средние качественные показатели сахара-сырца, поставляемого в Россию

Страны	Поляризация, %	Влажность, %	Содержание золы, %	Цветность ед. ICUMSA	Гранулометрический состав, %
Австралия	98,61	0,27	0,35	124	22
Бразилия	97,34	0,53	0,42	179	29
Доминиканская республика	97,46	0,45	0,42	171	40
Сальвадор	97,52	0,51	0,41	153	24
Гватемала	98,44	0,79	0,52	147	43
Мавритания	98,54	0,28	0,37	107	30
ЮАР	98,54	0,21	0,21	116	17
Перу	97,90	0,38	0,65	190	38
Филиппинские острова	97,51	0,43	0,39	202	39
США (штат Флорида)	98,37	0,24	0,39	114	19

Из табл.9 видно, что поставляемый в Россию на переработку сахар-сырец имеет достаточно высокие показатели качества.

Одним из наиболее важных показателей качества является содержание в нем влаги. Основная ее масса сосредоточена на поверхности кристаллов сахара-сырца. Больше всего на влажность сахара влияет наличие в нем хлоридов, сульфатов и инвертного сахара. Так, например, при содержании в нем 0,004% хлора влажность сахара-сырца повышается до 1,5%.

Зная содержание сахарозы в сахаре-сырце, можно определить допустимое содержание в нем влаги ( $W$ , %) при хранении

$$W = K_6 \times (100 - P),$$

где  $K_6$  - коэффициент безопасности,  $P$  – содержание сахарозы в сахаре-сырце, определенное поляриметрически, %.

При коэффициенте безопасности не более 0,33 тростниковый сахар-сырец хранится почти без изменения химического состава. Однако, при  $K > 0,33$  в нем возрастает содержание влаги и в результате усиления гидролитических процессов и жизнедеятельности микроорганизмов наблюдается снижение содержания сахарозы, увеличение цветности и кислотности сахара-сырца.

Если в процессе хранения сахара-сырца образуются комки, что обычно имеет место при его влажности менее 0,30%, то сыпучесть массы сырца восстанавливают вентилированием увлажненным воздухом.

#### **3.4. Доставка, условия хранения и их влияние на качество и потери сахара**

Сахарная свекла поставляется на сахарный завод автотранспортом или железнодорожным транспортом. Для складирования свеклы используют грунтовые кагатные поля с продольными гидротранспортерами, склады с твердым покрытием и комплексной механизацией всех работ.

Свекла, доставляемая с полей в автомашинах с бортами, разгружается и укладывается в кагаты с помощью мобильных или фронтальных свеклоукладчиков.

Свеклу, предназначенную для длительного хранения, укладывают в

кагаты высотой 5 м и более и шириной основания не менее 18 м, для улучшения условий ее хранения обязательно активное вентилирование свеклы.

Некондиционную свеклу ранних сроков уборки укладывают в кагаты краткосрочного хранения высотой не более 2 м и с шириной основания 8...12 м. При загрязненности свеклы более 15% размеры кагатов уменьшают еще на 10... 20%.

Чтобы уменьшить интенсивность прорастания, корнеплоды свеклы перед укладкой обрабатывают 1%-ным водным раствором гидразида малеиновой кислоты (3..4 л/т) или смесью хлорной извести и фильтрационного осадка. Поверхность сформированных кагатов несколько раз опрыскивают известковым молоком до образования устойчивого белого покрова.

Решающим фактором при хранении свеклы является поддержание в кагатах оптимальной температуры, влажности, газового состава воздуха в межкорнеплодном пространстве, что осуществляется с помощью принудительной вентиляции. Известно, что при хранении свеклы с вентилированием улучшаются химико-фитопатологические показатели.

При этом количество загнивших корнеплодов снижается на 33%, и на 20...30% уменьшаются среднесуточные потери сахара.

Температуру в кагатах измеряют не реже одного раза в сутки, для чего они оборудованы термометрами, погруженными в кагаты на глубину 1 м, при этом термометры устанавливают в шахматном порядке через 10...15 м.

На каждый кагат составляют паспорт, где указывают массу уложенной на хранение свеклы, данные контроля за состоянием кагата по суточным пробам, время укладки и направления на переработку.

Для оценки результатов хранения свеклы установлены нормы потерь сахарозы и свекломассы с учетом климатических условий и времени хранения. Так как эти условия не всегда выполняются, действительные потери сахарозы всегда выше. Например, для Центрально-Черноземного района РФ в ноябре при температуре 1...2°C в кагатах с активным

вентиляцией они могут достигать до 0,016... 0,018% к массе свеклы и более (норма - 0,012%). В основном потери сахара при хранении зависят от физического состояния корнеплодов (главным образом от механических повреждений), длительности и режима хранения.

Среднесуточные потери сахара в период хранения, например в Англии, составляют 160, Ирландии - 200, Франции - 400, Германии - 450, США - более 450 г/г.

Общие потери сахарозы в корнеплодах при хранении обусловлены биохимическими изменениями, вызванными дыханием корнеплодов как биологического объекта, а также микробиологическим воздействием. Выше указанные процессы в основном зависят от физического состояния корнеплодов, длительности и условий хранения. При краткосрочном хранении свеклы после ее доставки на завод, потери сахарозы, в основном, обусловлены биохимическими процессами.

Получение сахара-песка требуемого качества при наименьших экономических затратах имеет место на тех заводах, где соблюдается прогрессивная технология приемки и хранения свеклы, которая включает комплекс мер от уборки до переработки сахарной свеклы: массовое предуборочное фитопатологическое обследование всех свекловичных посевов с целью определения качества сырья, пригодного для длительного хранения; укладку корнеплодов в высокие кагаты по категориям с учетом качества свеклы; оборудование всех буртоукладочных машин более эффективными землеотделителями; поливку подъездных дорог и межкагатных площадок чистой водой; содержание устройств для активной вентиляции кагатов; строительство сплавных бетонированных площадок; обработку корнеплодов химическими препаратами типа ГМК (натриевая соль гидразида малеиновой кислоты) и др.; постоянный контроль за температурой свеклы в кагатах при помощи приборов дистанционного замера; предохранение свеклы в кагатах от подмораживания и увядания с помощью укрывочных средств; подачу свеклы на переработку строго по утвержденному графику.

## 4. СТРУКТУРА САХАРНОГО ЗАВОДА

### 4.1. Общие представления о сахарном заводе

Современный свеклосахарный завод представляет собой крупное, хорошо оснащенное прогрессивным технологическим оборудованием с использованием последних достижений в области автоматизации и компьютерной техники предприятие. В сутки отечественный сахарный завод средней мощности перерабатывает около 3 тыс. т свеклы или 400...500 т сахара-сырца, но имеется также девять заводов производительностью 5...6 тыс. т переработки свеклы в сутки. Средняя мощность одного отечественного свеклосахарного завода составляет 2,84 тыс. т свеклы в сутки.

Более рентабельными считаются сахарные заводы производственной мощностью 6,0 тыс. т переработки свеклы или 1000 т сахара-сырца в сутки.

Число работающих на таком заводе составляет 5...6 человек на переработку 100 т свеклы в сутки, а для завода перерабатывающего 3,0 тыс. т свеклы - в два раза больше.

Свеклосахарные заводы России работают сезонно. Обычно они приступают к переработке сахарной свеклы с 5..20 сентября и заканчивают в декабре, а иногда и в первом квартале следующего года. Такие сроки переработки сырья характерны, например, для сахарных заводов Башкортостана.

Расчетная продолжительность сезона сокодобывания, принятая для вновь проектируемых заводов в России, должна быть не менее 95 суток.

Для нормальной работы сахарного завода первостепенное значение имеет наличие достаточного количества сырья. Территория завода располагается в зоне свеклосеяния с таким расчетом, чтобы организация и доставка свеклы на завод была простой и дешевой. Чем меньше будет доставляться свеклы к заводу железнодорожным транспортом, тем ниже будут потери сахара в производстве и его себестоимость. Ввиду большой потребности завода в воде (при прямоточной схеме водоснаб-

жения – около 1500% к массе свеклы) площадку под строительство завода всегда выбирают вблизи реки или другого водоема. Для снабжения завода и поселка питьевой водой устраивают артезианские скважины.

Размеры промзоны завода в значительной мере зависят от размеров кагатного поля для хранения свеклы, полей фильтрации и площади прудов. Эти объекты занимают около 60% всей заводской территории.

Площадь кагатного поля зависит от количества укладываемой свеклы, доставляемой на завод автотранспортом. Свеклу, поступающую по железной дороге, на территории завода не кагатируют.

Поля фильтрации служат для очистки сточных вод III категории. Их рассчитывают на повышенную суточную нагрузку 0,02... 0,025 м<sup>3</sup> сточной жидкости на 1 м<sup>2</sup>.

Ориентировочно площадь участка для завода производственной мощностью 3,0...6,0 тыс. т свеклы в сутки (без полей фильтрации и водохранилища) составляет 120... 140 га.

Грузовой оборот сахарного завода даже небольшой Мощности за производственный сезон составляет около 1000 вагонов топлива, 1500 вагонов сахара, 600 вагонов свеклы. Кроме того, на завод поступают свеклосемена, строительные и технические материалы, с завода отгружается меласса, жом. Поэтому завод должен иметь примыкание подъездной ветки к железнодорожной магистрали. На сахарных заводах применяется тупиковая схема, так как она дешевле и проще.

Практика проектирования, строительства и эксплуатации сахарных заводов показала, что оборудование лучше всего размещать в двухэтажном здании прямоугольной формы. Общий вид свеклосахарного завода приведен на рис.6.

Отечественные сахарные заводы производственной мощностью 3 тыс. т переработки строились по разным проектам.

Размеры производственных корпусов сахарных заводов несколько отличаются по длине и ширине. Так, например, один из последних проектов свеклосахарного завода производительностью 3,0 тыс. т свеклы в сутки выполнен в двух вариантах, предусматривающих строительство

производственного здания размером 132 x 48 и 156 x 36 м. Размеры производственного корпуса по второму варианту обусловлены более экономичной компоновкой технологического оборудования.

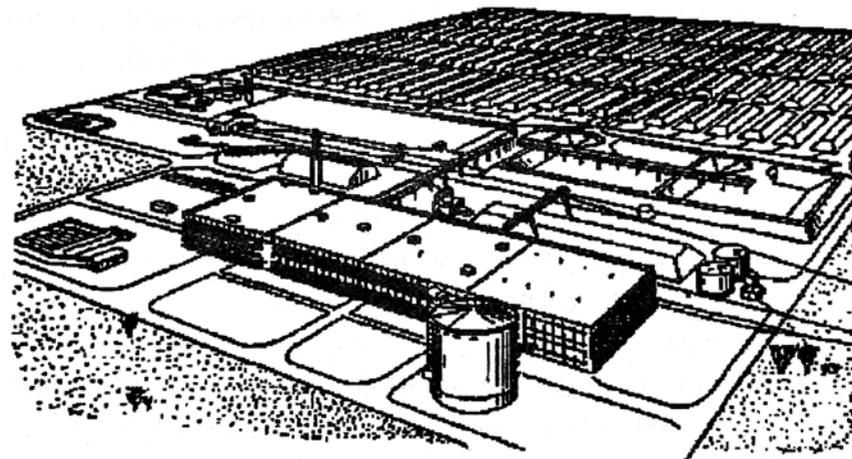


Рис.6. Общий вид свеклосахарного завода

Технологическое оборудование сахарных заводов производственной мощностью до 3 тыс. т свеклы в сутки по последним проектам размещают в одном корпусе, а производственной мощностью 6 тыс. т - в двух корпусах шириной 48 м. В первом корпусе завода, перерабатывающего 6,0 тыс. т свеклы в сутки, в зависимости от проекта размещается кроме главного технологического зала, ТЭЦ, жомосушильное отделение и склад для сахара. Во втором корпусе располагается моечное и известковое отделения, механическая мастерская, материальный склад, вспомогательные помещения. Длина первого корпуса составляет 351 м, второго - 114,25 м.

Основные строительные данные первого корпуса: площадь застройки около 17 тыс. м<sup>2</sup>, объем 385 тыс. м<sup>3</sup>; второго корпуса соответственно площадь - 5 тыс. м<sup>2</sup>, объем - 59 тыс. м<sup>3</sup>. Общая площадь под объектами и инженерными коммуникациями завода - 200 га, из них под зданиями и сооружениями - около 40 га.

Свеклосахарное производство условно можно подразделить на пять основных отделений:

- *свеклоподготовительное*, предназначенное для подачи сахарной свеклы в завод с отделением легких и тяжелых примесей и отмыванием от корнеплодов земли;

- *свеклоперерабатывающее*, предназначенное для подготовки свеклы к обессахариванию, путем ее изрезания в стружку, подготовки питательной воды для диффузии и непосредственное осуществление процесса диффузии;

- *сокоочистительное*, в котором очищают диффузионный сок от несахаров в процессе его подщелачивания и сатурирования сатурационным газом, фильтрования и сульфитации;

- *сокогустительное*, предназначенное для выпаривания из сока воды до состояния сиропа на выпарной установке с последующей сульфитацией и фильтрованием;

- *продуктовое*, где обеспечиваются условия образования кристаллов сахара с разделением и промывкой их в поле действия центробежных сил, сушкой и упаковкой готовой продукции.

К вспомогательным отделениям относят энергетическое (ТЭЦ), известково-газовое, жомосушения и брикетирования, а также ремонтно-механическое.

Все эти отделения тесно увязаны между собой и от работы каждого из них зависит выход готовой продукции и ее качественные показатели.

#### **4.2. Основное технологическое оборудование и его компоновка**

Под основным понимают технологическое оборудование, без которого нельзя обеспечить получение сахара-песка из перерабатываемого сырья. Это оборудование изготавливается унифицированной производительности, как для сахарных заводов производственной мощностью 3 тыс. т, так и 6 тыс. т переработки свеклы в сутки. При этом существует несколько модификаций одного и того же оборудования. Так, например, для экстракции сахарозы из свекловичной стружки могут быть использованы колонные аппараты (типа КДА) или наклонные со шнековой выгрузкой жомы (тип А1-ПДС-020 — производительностью

2 тыс. т/сутки или А1-ПДС-С30 - производительностью 3 тыс. т/сутки).

Особенно большой выбор имеется по фильтрующему оборудованию, выпарным аппаратам, вакуум-аппаратам и теплообменной аппаратуре. Так, только листовых саморазгружающихся фильтров для сока 1 сатурации имеется четыре модификации: ФИЛС-60-5 (производительность одного фильтра 525 т/сут при площади фильтрования 60 м<sup>2</sup>); ФИЛС-60-8 (производительность 3 тыс. т/сут); ФИЛС-100-7 (4,5 тыс. т/сут) и ФИЛС-100-8 (6 тыс. т/сут).

Предлагаемые заводам выпарные аппараты типа А2-ПВВ выпускаются со следующими поверхностями нагрева (м<sup>2</sup>): 1000; 1180; 1500; 1800; 2120; 2360. Помимо этого выпускаются аппараты с поверхностью теплообмена 3000 м<sup>2</sup>, а также аппараты выпарные автоматизированные типа Ш1-ПАВ-2120 и Ш1-ПАВ-2360, то есть с поверхностью теплообмена соответственно 2120 м<sup>2</sup> и 2360 м<sup>2</sup>.

В последнее время появились отечественные вакуум-аппараты с механическим циркулятором типа ВА2-В-60 (масса утфеля 60 т, полезная вместимость 40 м<sup>3</sup>), а также типа А2-ПВР. Из обычных в настоящее время предлагается вакуум-аппарат Ж4-ПВА (масса утфеля 40 т).

Для центрифугирования утфеля | кристаллизации широко используются центрифуги различной массы загрузки утфеля: 660; 750 и 1000 кг типа ФПН-1251Л иТ, а также центрифуги непрерывного действия ФПИ-1321К-01.

Помимо отечественного оборудования имеется много соответствующих предложений от различных зарубежных фирм.

Несмотря на то, что в настоящее время появился широкий выбор современного оборудования для сахарного производства, процесс замены старых и морально устаревших аппаратов идет очень медленно. Это в первую очередь обусловлено высокими ценами особенно на зарубежное оборудование и плохим экономическим состоянием отечественных сахарных заводов.

При компоновке большая часть основного технологического оборудования устанавливается на отметке 7,2. К этому оборудованию отно-

сится фильтрационная и сокоочистительная аппаратура. Вакуум-аппараты - выше отметки 10 м, а центрифуги - на отметке 3 м. При таком подходе обеспечивается принцип «самотека» продуктов производства, что исключает необходимость дополнительного вспомогательного транспортирующего оборудования и удешевляет производство готовой продукции.

#### 4.3. Ориентировочные технико-экономические показатели свеклосахарного завода

Для свеклосахарного завода производственной мощностью 3,0 тыс. т переработки свеклы в сутки при среднем выходе сахара - 10,6%, мелассы - 5,5%, жома - 72% и коэффициенте использования мощности равном 0,9 за 100 суток сокодобывания их будет выработано соответственно в количестве: 28,6; 14,85 и 228 тыс. При этом для удовлетворения угле и известняковом камне, из расчета производства в мазуте,

потребности 10,7, 18,5 и 6,2% к массе свеклы их расход соответственно составит: 28,9, 49,9 и 16,7 тыс. т за 100 суток работы завода.

При производственной мощности завода 6 тыс. т переработки свеклы в сутки годовой объем заготавливаемой сахарной свеклы при длительности сокодобывания 100 суток принят 550 тыс. т. Годовая выработка товарного сахара составляет 72 тыс. т, сырого жома с содержанием сухих веществ 7,3% - 440 тыс. т, а условной мелассы (85% СВ) - 29,5 тыс. т.

Расход пара на технологические нужды, включая жомосушение, составляет 47% к массе свеклы, а свежей воды (речной) - 250 - 500 м<sup>3</sup>/ч, на промывание сахара-песка и питьевые нужды (артезианской) — около 70 м<sup>3</sup>.

Расчетная среднесуточная численность работающих в производстве и непромышленных подразделениях около 890 человек.

Производственно-технические показатели переработки сахарной свеклы в среднем по России (данные Госкомстата и ППФ «Сахар») приведены в табл. 10.

Производственно-технические показатели переработки сахарной свеклы в период с 2000 по 2002 гг. по России

Показатель, %	Второе полугодие		
	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Сахаристость свеклы	16,0	16,3	15,5
Выход сахара	12,45	12,77	12,05
Потери сахара в производстве	0,87	0,84	0,93
Содержание сахара в мелассе	2,25	2,22	2,14
Расход известнякового камня	7,32	7,07	6,98
Расход условного топлива	6,60	6,39	6,32

## 5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ АНАЛИЗ

### 5.1. Технологическая схема производства свекловичного сахара

Технологическая схема переработки сахарной свеклы в сахар-песок представлена на рис.7.

По этой схеме сахарную свеклу подают в завод с помощью воды по гидравлическому транспортеру. В процессе транспортирования свеклы в водном потоке ее очищают от легких и тяжелых примесей при помощи специальных устройств, а затем корнеплоды свеклы окончательно отмывают в свекломоечных машинах.

Отмытые корнеплоды взвешивают на автоматических весах, изрезают в стружку, которую затем обессахаривают диффузионным методом в вертикальных, наклонных или ротационных аппаратах. При этом получают диффузионный сок и обессахаренную стружку, называемую жомом.

Диффузионный сок содержит большое количество растворенных и взвешенных примесей, поэтому его подвергают химической и физико-химической очистке оксидом кальция (СаО) и диоксидом углерода (СО<sub>2</sub>), получаемыми на заводе при обжиге известняка (СаСО<sub>3</sub>) в известково-газовых печах. После очистки и фильтрования в фильтрах различ-



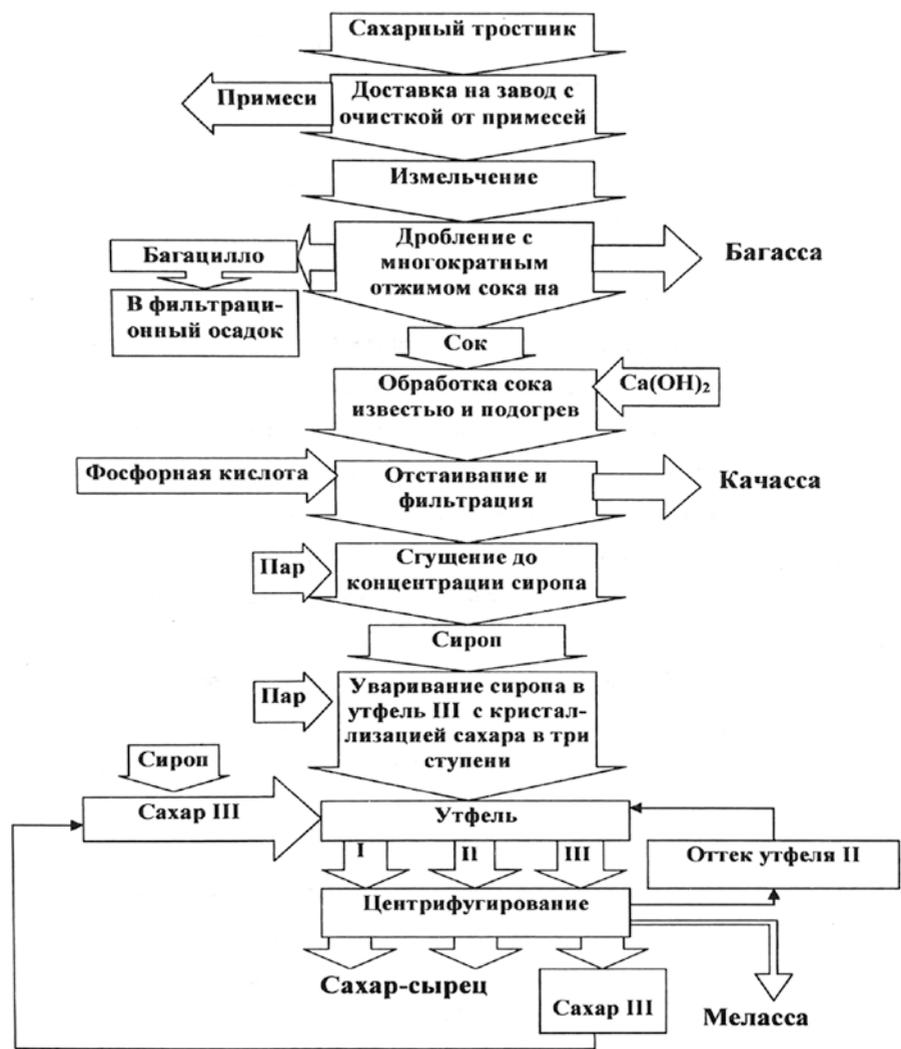


Рис.8. Технология получения сахара-сырца из сахарного тростника

При переработке сахара-сырца технологическая схема свеклосахарного производства значительно упрощается. При этом отключаются все технологические операции до очистки, несколько облегчается сам процесс очистки и работа выпарной установки. Усиливается нагрузка на продуктовое и сушильное отделения.

## 5.2. Технологическая схема тростниково-сахарного производства

Технологическая схема получения сахара-сырца из сахарного тростника приведена на рис.8.

По данной схеме поступающие на завод стебли сахарного тростника взвешивают, моют, очищают от примесей, загружают в приемный бункер с горизонтальным транспортером в нижней части и направляют на измельчение. В процессе измельчения стебли тростника разрезаются специальными, вращающимися с частотой от 400 до 800 мин<sup>-1</sup>, ножами на куски размером 5...10 см. Изрезанная таким образом масса сахарного тростника подвергается сначала дроблению на валках с зигзагообразной рельефной поверхностью с измельчением его стебля и разрывом тканевых уплотнений, а затем последовательному многократному отжиму на трехвалковых мельницах.

Их валки также имеют рельефную поверхность, что облегчает передвижение и отжим тростниковой массы. Обычно на тростниково-сахарном заводе устанавливают 1...2 дробилки и 33...7 мельниц, соединенных между собой планочным транспортером. Такая поточная линия называется тандемом.

При валковом дроблении и на первом этапе мельничного отжима отделяется 60... 70% сока.

Для уменьшения потерь сахара и повышения концентрации сока схема предусматривает циркуляцию промывных вод и разбавленного сока. Всего на ополаскивание измельченного тростника (имбибицию) расходуется 15...30% воды к его массе. Получаемый сок фильтруют через сито с отделением багацилло, возвращаемого затем в начало мельничного отжима. Под багацилло понимают мелкие частички стеблей тростника. По данной технологии из сахарного тростника удастся извлечь 92...94% сахарозы.

Сок, полученный на тандеме, содержит 14... 16% сухих веществ, имеет чистоту 80...86%, РН 4,5...5,5 и в зависимости от расхода воды его выход составляет 105...115% к массе тростника

Обессахаренная и отжатая на тандеме тростниковая масса, назы-

вается багассой. Она содержит около 50% сухих веществ, из которых большая часть приходится на целлюлозу. Выход багассы составляет 20... 25% к массе тростника. Ее используют как сырье для производства бумаги, вискозы, воска и других материалов или в качестве топлива для котлов ТЭЦ завода.

В процессе очистки на дефекации сырой сок с повышенным содержанием редуцирующих веществ (0,2...2,6, а иногда и более) обрабатывают небольшим количеством извести из расчета 0,1... 0,2% к массе тростника, что позволяет выдерживать его pH в диапазоне 7,5... 8,5. Затем сок нагревают до кипения и направляют на отстаивание. Отстоявшийся в отстойниках сок сгущают в выпарной установке до плотности сиропа, а суспензию осадка отфильтровывают под разрежением на вакуум-фильтрах с добавкой в нее багацилло для улучшения дренажных свойств.

Полученный при этом фильтрационный осадок называют качассой, и его выход составляет около 3% к массе тростника. Качасса используется в качестве удобрения, из нее также получают воск, являющийся ценным сырьем для химической промышленности.

После сгущения сока, которое проводится при более низком температурном режиме, чем в свеклосахарном производстве, получают сироп, содержащий 60... 65% сухих веществ и чистотой 84... 87%.

Несколько отличается от свеклосахарного производства и процесс кристаллизации сахара. Так, при той же схеме уваривания в три ступени утфель I и II уваривают на кристаллической основе сахара последнего продукта, смешанного с сиропом. Кроме этого на уваривание утфеля II забирают также половину оттока утфеля I. Утфель I и II центрифугируют без деления на два оттока. Их чистота соответственно составляет 80...86% и около 70%, а их оттоков - 65...70 и 50... 55%.

Утфель III кристаллизации имеет чистоту 58... 60%, и его уваривают из оттока утфеля II, но заводку в нем кристаллов проводят на сиропе. Сахар I и II кристаллизаций смешивают и выводят с завода в виде товарного сахара-сырца.

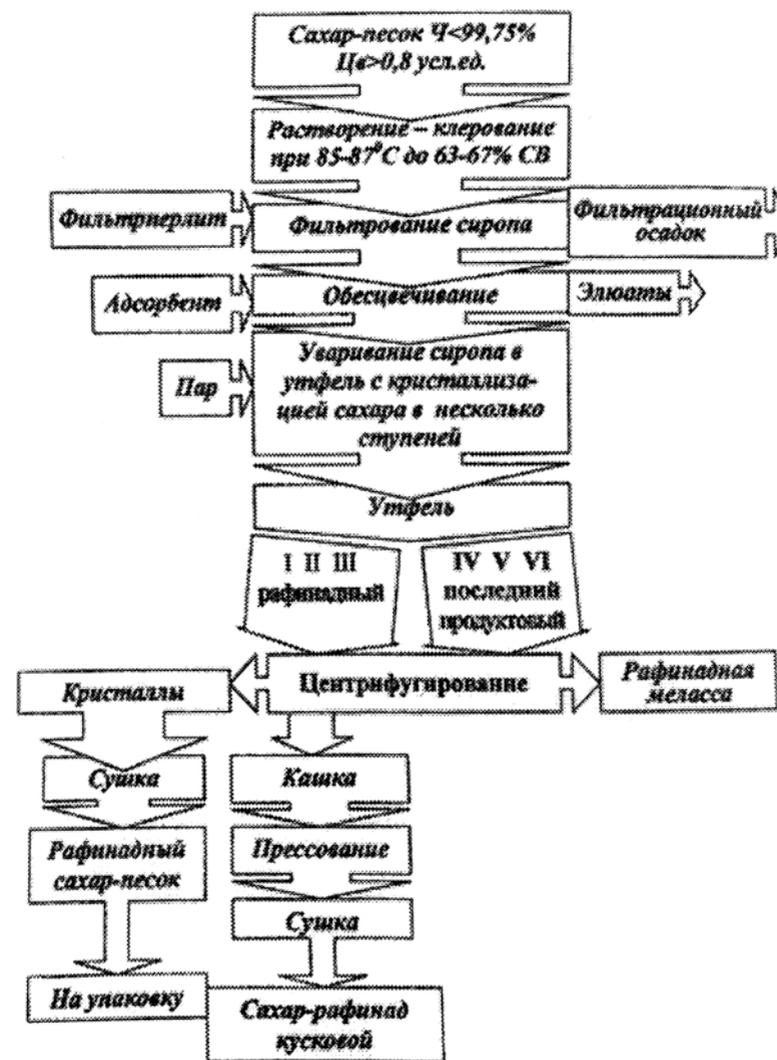


Рис.9. Схема основных технологических операций получения рафинада

По данной технологии с сахаром-сырцом выводится около 85... 86% сахарозы к ее массе в тростнике, теряется с мелассой 7,5... 8%; в багассе – 5...5,5% и около 0,5% – в качассе.

### 5.3. Производство сахара-рафинада

Схема основных технологических операций получения рафинада приведена на рис.9.

По этой схеме сахар-песок цветностью до 1,5 усл. ед. растворяют в чистой воде до 63...67% сухих веществ, подогревают до 85... 87°C, освобождают от механических примесей фильтрованием, обесцвечивают адсорбентами, еще раз фильтруют и направляют на уваривание.

Цикл приготовления сиропов для рафинадных утфелей составляет 15 мин, а для продуктовых - 10 мин. Процесс их фильтрования осуществляют в два этапа. Сначала из сиропов отделяют взвешенные примеси, для чего их фильтруют с использованием кварцевого гравия с размером частиц 3... 5 мм и фильтровального порошка - фильтроперлита. Затем для очистки сиропов от тонкодисперсных примесей применяют патронные фильтры с фиксированным слоем осадка и пульсирующей регенерацией.

При переработке сахара-песка повышенной цветности кроме фильтроперлита в сиропы добавляют порошковый активный уголь. Обесцвечиванию с использованием адсорбентов (активный уголь, ионообменные смолы) подвергают сиропы, содержащие не более 10 мг/л твердой фазы. Этот процесс протекает при одновременном удалении из них не только красящих, но и части органических и минеральных веществ.

Обработку рафинадных сиропов сорбентами проводят при 80°C, 2 продуктовых - при 75°C. При этом скорость пропускания их через слой активного угля составляет 8... 10 л/мин из расчета на 1 т его массы. Цикл работы адсорберов по обесцвечиванию рафинадных сиропов - около 140... 240 ч, а продуктовых - 48... 72 ч. После контрольного фильтрования через войлочные фильтры сироп поступает на уваривание соответствующих утфелей. Их уваривают под разрежением в вакуум-аппаратах, подобных свеклосахарному производству, но меньшей емкости (15 и 30 т утфеля). Основным отличием по технологии этих

процессов является их длительность, что обусловлено более высокой чистотой продуктов рафинадного производства. Так для уваривания рафинадных утфелей требуется 65...85 мин и для продуктовых - 150...300 мин, что значительно меньше, чем в свеклосахарном производстве.

В соответствии с «Инструкцией по ведению технологического процесса сахарорафинадного производства» при использовании в качестве исходного сырья сахара-песка стандартного качества основные продукты кристаллизации должны иметь следующую чистоту:

Утфели рафинадных кристаллизаций	Чистота, %
I	99,7
II	99,2
III	98,5
Утфели продуктовых кристаллизаций	Чистота, %
I	9..9
II	91...93
III	85... 87
Рафинадная меласса (патока)	68... 76

При этом общее количество утфелей при выходе сахара-рафинада около 52% составляет 192% к массе выработанного рафинада, в том числе:

Утфели рафинадных кристаллизаций	Количество, % к массе выработанного рафинада
I	102
II	56
III	34
Утфели продуктовых кристаллизаций	Количество, % к массе выработанного рафинада
I	10
II	14
III	18

Промывку сахара I и II продуктовых утфелей осуществляют водой питьевого качества из расчета 1... 1,5% к массе утфеля. Кристаллы сахара III продуктового утфеля не промывают, и при его центрифугировании отбирается только один оттек — рафинадная меласса (патока).

При выработке рафинированного сахара-песка утфели рафинадных, так же как и всех продуктовых кристаллизаций, центрифугируют в периодически действующих центрифугах типа ФПН-125.

Средний выход рафинадной кашки с содержанием влаги 2,2... 2,8% при центрифугировании утфелей составляет 52... 55% к их массе.

В зависимости от влажности кашки и применяемого оборудования вырабатывают кусковой рафинад быстрорастворимый, колотый и кусковой со свойствами литого.

На отечественных сахарорафинадных заводах прессование рафинадной кашки в бруски и их последующее высушивание проводят с помощью автоматизированной линии К5-ПРА. Получаемые при этом бруска рафинада могут быть двух типов по своим размерам: 18x24x150 или 23x23x184 мм. Последующая их колка и фасовка в коробки осуществляется линией А1-ПЛР. Производительность двух этих линий по сахару-рафинаду составляет 30 т/сут.

Быстрорастворимый рафиналд получают на автоматизированной линии ЗДМ фирмы "Шамбон", оснащенной ротационным прессом, шахтно-туннельной сушилкой и автоматом для фасовки рафинада в коробки массой 1 кг, а также пакетирующей установкой для их укладки в пакеты массой по 10.. 30 кг. Производительность линии ЗДМ составляет 100 т/сут.

#### **5.4. Особенности технологии получения сахара-песка из тростникового сахара-сырца на свеклосахарных заводах**

На сахарных заводах, построенных именно для переработки сахара-сырца в сахар-песок, процесс обессахаривания его клеровки осуществляется по схеме включающей от пяти до семи кристаллизаций. При этом обязательным элементом технологии переработки сырца яв-

ляется предварительная аффинация его кристаллов, под которой понимают замену пленки на их поверхности более качественным раствором. В зависимости от качества сахара-сырца чистота этой пленки может быть менее 60%, а ее количество в некоторых случаях превышает 3%. Кроме того, содержание редуцирующих веществ в пленке на кристаллах сахара-сырца может быть более 1,5%.

Аффинация позволяет удалить из сахара-сырца до 70% красящих веществ и других несахаров.

В ходе ее проведения происходит снижение вязкости пленки межкристального раствора и за счет диффузии часть ее несахаров переходит в аффинирующий раствор. Процесс аффинирования и последующую дефекацию клеровки сахара-сырца проводят при низких значениях щелочности (рН около 9,5) синхронно, то есть, обеспечивая одновременную подачу извести и сатурационного газа. Расход активной извести в этих условиях составляет около 0,4% СаО к массе сахара-сырца, а получаемый при аффинировании сахара-сырца оттек выводят вместе с мелассой из производства, что позволяет работать с очень низким разложением содержащегося в сырце инвертного сахара.

В технологической схеме свеклосахарного завода аффинация сахара-сырца не предусмотрена, и основными операциями его переработки являются клерование, известково-углекислотная очистка, фильтрование, сульфитирование, уваривание утфелей с кристаллизацией сахарозы в несколько ступеней, их центрифугирование с получением сахара-песка и мелассы, сушка и упаковка сахара-песка.

Продуктовые отделения отечественных свеклосахарных заводов в основном оснащены оборудованием, предусматривающим их работу в две- или три кристаллизации. Поэтому привозной тростниковый сахар-сырец перерабатывают по схеме с полным разложением инвертного сахара в процессе его дефекации.

Образующиеся при этом продукты распада инвертного сахара в большей своей массе адсорбируются в процессе сатурирования на частицах осадка СаСО<sub>3</sub>. Эти мероприятия позволяют поддерживать

цветность клеровки в требуемых пределах и за счет перераспределения продуктов кристаллизации обеспечивать выработку стандартного сахара-песка.

Расход активной извести на дефекацию в зависимости от качества сырца на свеклосахарном заводе составляет 3,5... 5% к его массе, а рН клеровки на дефекации достигает 11,6.

Разложение значительной части редуцирующих сахаров в процессе дефекоосатурации клеровки сахара-сырца уменьшает их содержание в конечной мелассе. Редуцирующие сахара обладают способностью снижать растворимость сахарозы, и чем их больше, тем ниже чистота мелассы. Поэтому получаемая на свеклосахарных заводах сырцовая меласса имеет чистоту около 49.51%, то есть выше, чем в тростниково-сахарном производстве.

Переработка сырца на свеклосахарных заводах требует возврата на известково-углекислотную очистку более 60% первого оттока утфеля I кристаллизации, В зависимости от качества исходного сахара-сырца возврат первого оттока утфеля I на очистку может быть от 60 до 85% от его общего количества. Его подвергают подобной очистке отдельно или совместно с клеровкой сахара-сырца. Данное мероприятие позволяет поддерживать чистоту утфеля I менее 94%, исключив при этом увеличение его цветности за счет рециркуляции нес сахаров, а значит обеспечить нормальные условия для выработки стандартного сахара-песка при его минимальных потерях в мелассе.

Кроме того, ввиду более высокого качества продуктов переработки сахара-сырца скорость кристаллизации сахарозы при уваривании утфеля I значительно выше. Это позволяет уменьшить продолжительность его уваривания и тем самым повысить производительность продуктового отделения. Эффективность данного мероприятия можно улучшить, если использовать для уваривания утфеля I более концентрированные продукты, чем в свеклосахарном производстве. Например, можно дополнительно повысить содержание сухих веществ очищенной клеровки сырца на 5...8%, используя для этой цели корпуса выпарной уста-

новки в качестве подварочных аппаратов.

На большинстве отечественных сахарных заводах утфель I кристаллизации уваривают из сульфитированной клеровки и второго оттока утфеля II. Уваривание утфеля II проводят, используя часть первого оттока утфеля I и оттока утфеля II, утфеля III - из оттока утфеля II, а затем его межкристальный оттек дополнительно истощают в кристаллизаторах при охлаждении.

Утфель I разделяют в поле действия центробежных сил с отбором сахара-песка и двух оттеков, утфель II - «нагорячо» с отбором сахара II и одного оттока, а из утфеля III получают сахар III и мелассу.

Сахар II клеруют промоем первой ступени и горячей водой, а для растворения сахара III и первого оттока утфеля I используют промой первой и третьей ступеней обессахаривания фильтрационного осадка.

Клеровку сахара II направляют на сульфитацию, а сахара III в смеси с клеровкой сахара-сырца - на дефекацию.

При переработке тростникового сахара-сырца по схеме с возвратом большей части первого оттока утфеля I и сахара последней кристаллизации на дефекоосатурационную очистку выход сахара-песка составляет 95... 96%, содержание сахара в мелассе - 1,2... 1,3%, расход известняка - 5...7% и условного топлива - 26... 28% к массе сахара-сырца.

При переработке тростникового сахара-сырца в сахар-рафинад выход товарного сахара ниже примерно на 1%, потери сахарозы в производстве выше на 0,4%, а расход условного топлива больше на 4... 4,5% к массе сырца, по сравнению с его переработкой в сахар-песок.

### 5.5. Применение ПАВ в сахарном производстве

На отечественных и особенно зарубежных сахарных заводах для интенсификации технологических процессов широко используют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые в зависимости от своего назначения и свойств способствуют улучшению технологии экстракции сахарозы из сахарной свеклы, уменьшают пенение сахарных растворов, улучшают теплопередачу при сгущении сока в выпарной

установке, позволяют сократить длительность уваривания и центрифугирования утфелей всех ступеней кристаллизации сахара, обеспечивают более глубокое истощение межкристального раствора при уваривании утфеля в вакуум-аппарате и его охлаждении в кристаллизационной установке, что позволяет достигнуть более высокого выхода и качества сахара-песка.

Исследованиями института ВНИИСП, выполненными совместно с кафедрой технологии бродильных производств Киевской технологической академии пищевой промышленности, установлено, что при содержании в мелассе до 0,1% ПАВ к ее массе улучшается ее брожение и повышается выход спирта.

Известны также разработки в этом направлении немецкой фирмы «Штокхаузен». Она наладила выпуск новых видов ПАВ, применяемых при уваривании утфелей промежуточной и последней кристаллизации: «Intrasol FK» и «Intrasol DASL». Эти вещества обладают пеногасящим эффектом и снижают поверхностное натяжение растворов.

Существующим в настоящее время рекомендациям по применению таких ПАВ как АМГС-50, АМГС-100, «Intrasol FK» и других предшествовали основательные исследования их влияния на технологические процессы сахарного производства. Оказалось, что применение ПАВ особенно важно для интенсификации технологических процессов последней ступени кристаллизации и центрифугирования.

Это обусловлено тем, что утфель последней кристаллизации, в отличие от других продуктов, имеет повышенную вязкость, низкую скорость кристаллизации сахара, а также способность к пенообразованию. Применение дистиллированных моноглицеридов при уваривании утфеля последней кристаллизации позволяет ускорить процесс его получения и центрифугирования, обеспечивает более равномерный состав и качество сахара.

На основе этих исследований ранее были разработаны предельные нормативы по вводу ПАВ в утфель в зависимости от его качества. В соответствии с ними при уваривании утфеля чистотой 78...82% реко-

мендуются добавки ПАВ в пределах 0,008...0,01% к его массе. Для условий получения утфеля повышенной вязкости чистотой менее 78% и при плохой циркуляции в вакуум-аппаратах увариваемых продуктов добавку ПАВ предлагается увеличить до 0,02... 0,04% к массе утфеля.

В последние годы в России также налажено производство новых отечественных ПАВ, которые по своим технологическим показателям не уступают зарубежным аналогам. Из них наиболее известны и уже получили признание в различных отраслях пищевой промышленности дистиллированные моноглицериды (МГД) таких марок как М-90, М-90А, ПО - 90 и ПГ - 3. В качестве сырья для их производства используются пищевые жиры (подсолнечное масло, пальмовое масло, и др.).

Производство этих видов ПАВ налажено на Нижегородском масложировом комбинате.

Все виды ПАВ, вырабатываемые Нижегородским масложировым комбинатом, сертифицированы на федеральном уровне. Их гигиеническая экспертиза проводилась в Институте питания Российской академии медицинских наук и Министерстве охраны здоровья Украины. Они дешевле зарубежных аналогов, удобны в хранении, транспортировании и использовании. В настоящее время их применяют более чем на 70 заводах различных отраслей промышленности России и стран Ближнего Зарубежья.

Дистиллированные моноглицериды марок М-90, М-90А, ПО-90 и ПГ-3 не растворяются в воде, а при нагревании оседают с образованием прозрачных «мицелл». Однако они достаточно хорошо растворяются в сахарных растворах концентрацией более 50% сухих веществ при температуре не менее 57°C. МГД вырабатывают в виде таблеток и пасты, и они наиболее эффективны при использовании в расплавленном состоянии.

Исследования, проведенные на кафедре «Технология сахара и сахаристых веществ» МГУПП, показали, что применение МГД данных марок позволяет улучшить технологию получения и центрифугирования утфеля последней кристаллизации при одновременном снижении потерь сахара в мелассе и в продуктовом отделении завода в целом.

Оказалось, что пищевые дистиллированные моноглицериды лучше вводить в момент закладки кристаллов отдельно или в смеси с центрами кристаллизации сахара. В этом случае обеспечивается их равномерное распределение в объеме увариваемой массы в вакуум-аппарате, что позволяет значительно снизить образование конгломератов в процессе формирования и наращивания кристаллов сахара.

Для уточнения оптимальных условий ввода МГД и их воздействия на пенение и вязкость утфеля последней кристаллизации были проведены соответствующие лабораторные и заводские исследования. На рис. 10 показано влияние различных марок МГД на высоту поднятия пены в оттеке, а на рис. 11 - на вязкость утфеля. Из этих рисунков видно, что лучшие результаты получаются при использовании МГД марок ПО-90 и М-90.

Кристаллизация сахарозы из межкристального раствора утфеля охлаждением в установке утфелемешалок-кристаллизаторов длительный и трудно регулируемый технологический процесс, особенно при увеличении вязкости исходных продуктов. Однако, как показали результаты исследований в МГУПП, использование в этом процессе МГД способствует понижению вязкости утфеля, улучшает его текучесть и технологические условия истощения межкристального раствора. Результаты этих исследований стали основой для усовершенствования способов получения и центрифугирования утфеля последней кристаллизации.

В соответствии с технологией получения утфеля последней кристаллизации по новому способу (Заявка на патент РФ № 2004107115 от 11.03.2004 г.) его уваривают по типовой технологии до содержания 37...38% кристаллов и спускают в приемную утфелемешалку. Затем в нее дополнительно вводят сахар последней кристаллизации одновременно с добавкой моноглицерида (МГД) марки ПО-90. При этом количество вводимого сахара составляет 2...3%, а МГД - 0,005... 0,01% к массе утфеля. После этого утфель поступает в установку утфелемешалок-кристаллизаторов для дополнительного истощения его межкристального раствора в процессе охлаждения с 67...68 °С до 35...40 °С.

Перед центрифугированием утфель подогревают до 45... 50 °С и разделяют в поле действия центробежных сил на сахар последней кристаллизации

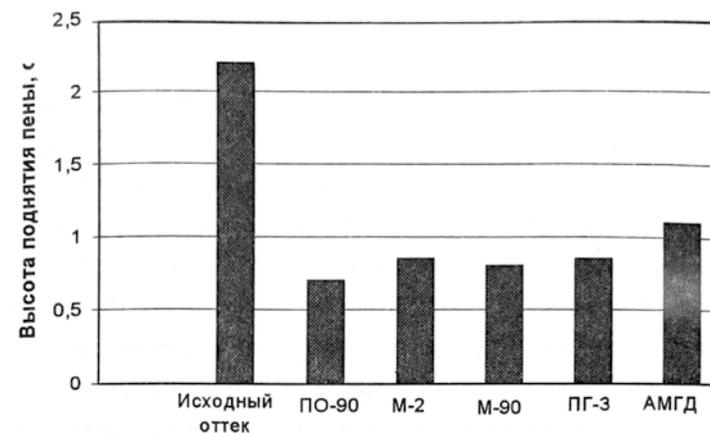


Рис. 10. Влияние различных марок МГД на высоту поднятия пены в оттеке

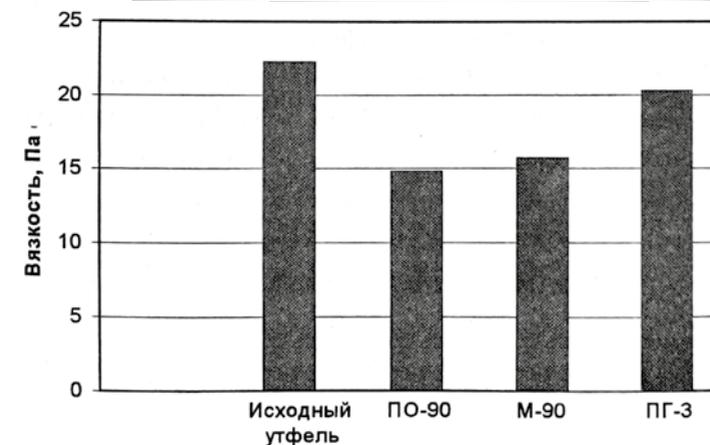


Рис. 11. Влияние различных марок МГД на вязкость утфеля

Производственные испытания данного способа показали эффективность его использования в технологическом процессе. Так, было отмечено, что требуемое истощение межкристального раствора утфеля достигается на 4... 6 часов быстрее, чем по типовой технологии. При этом установлено уменьшение чистоты мелассы в среднем на 17% и

увеличение содержания кристаллов в утфеле на 1,6%.

Предложенный способ центрифугирования утфеля последней кристаллизации (Заявка на патент РФ № 2003136850 от 23.12.2003 г.) предусматривает осуществление данного процесса в инерционных центрифугах непрерывного действия. В соответствии с ним утфель подают в нижнюю часть разгонно-ускорительного устройства ротора, разделение проводят в тонком слое на фильтрующей поверхности ротора при создании под ней разряжения в диапазоне 0,8...1,0 кПа с выводом из корпуса центрифуги сахара последней кристаллизации и мелассы. При этом перед подачей утфеля в разгонно-ускорительное устройство в него добавляют мягкий дистиллированный моноглицерид марки ПО-90 в количестве 0,005...0,008% к его массе, а процесс разделения утфеля проводят при температуре в диапазоне 35... 50 °С.

Создание разряжения под фильтрующей поверхностью ротора центрифуги в сочетании с использованием ПАВ позволяет существенно улучшить процесс разделения утфеля. Причем чистота мелассы по сравнению с типовой технологией снижается в среднем на 11,4%, а производительность центрифуг повышается на 10... 20%.

Оказалось, что эффект истощения межкристалльного раствора последней кристаллизации значительно возрастает при введении в утфель МГД марок М-90А и ПГ-3.

В ходе дальнейших экспериментов в этом направлении была разработана новая технология производства сахара последней кристаллизации (Заявка на патент РФ №2003136798 от 23.12.03). Схема реализации предлагаемой технологии представлена на рис.12. В соответствии с этой схемой в вакуум-аппарате 1 создают разряжение в диапазоне 0,060...0,067 МПа и набирают оттеки предыдущих кристаллизаций, заполняя ими аппарат до полного закрытия поверхности нагрева паровой камеры. Затем включают подачу пара в греющую камеру и сгущают оттеки до необходимого пересыщения. Заводку кристаллов осуществляют путем ввода центров кристаллизации, например, сахарной пыли. Одновременно с началом формирования центров кристаллизации

в вакуум-аппарат вводят МГД марки М-90 в количестве 0,007...0,012% к массе утфеля.

По окончании заводки и закрепления требуемого числа центров кристаллизации их наращивают до содержания в утфеле 87... 89% СВ и достижения им объема достаточного для разделения на два вакуум-аппарата. Затем 50% от общей массы утфеля из первого аппарата 1 перетягивают во второй вакуум-аппарат 2 так, чтобы по завершению этой операции поверхности нагрева паровых камер в них не были оголены. С этой целью в днищах вакуум-аппаратов следует смонтировать соединительный трубопровод, например, диаметром 219 мм, оснастив его вентилями и устройствами для их пропаривания.

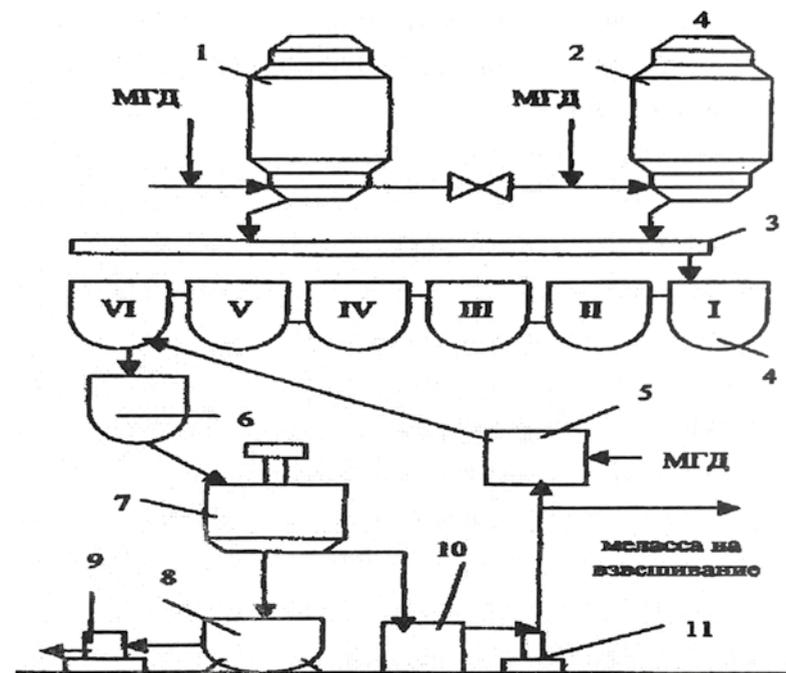


Рис. 12. Технологическая схема получения сахара последней кристаллизации: 1,2 - вакуум-аппараты; 3 - приемная утфелемешалка; 4 — установка утфелемешалок-кристаллизаторов; 5 - сборник мелассы с МГД; 6 - утфелераспределитель; 7 — центрифуги непрерывного действия; 8 - клеровочная мешалка; 9, 11 - насосы; 10 - сборник мелассы

После распределения утфеля между вакуум-аппаратами и восстановления требуемого режима их работы процесс уваривания утфеля в них проводят в соответствии с требованиями типовой технологической инструкции до 94,5...95,5% СВ. Спуск утфеля из вакуум-аппаратов осуществляют последовательно с интервалом по времени, что определяется техническими возможностями завода.

Перед началом освобождения вакуум-аппаратов утфель раскачивают горячей водой температурой 70...75 °С до содержания 90,8... 91,8% СВ. Одновременно с этой операцией в каждый вакуум-аппарат вводят МГД марки М-90 из расчета 0,007... 0,012% к массе утфеля.

После этого утфель спускают в приемную утфелемешалку 3, а из нее в установку 4 утфелемешалок - кристаллизаторов.

В приведенной на рис. 12 схеме процесс истощения межкристального раствора утфеля при охлаждении осуществляется в пяти утфелемешалках-кристаллизаторах: I, II, III, IV и V в интервале температур от 67... 68 °С до 35...40°С. Для получения утфеля с хорошим гранулометрическим составом и размером кристаллов около 0,3 мм пяти кристаллизаторов вполне достаточно для требуемого истощения мелассы.

По завершению кристаллизации сахара охлаждением утфель направляют в утфелемешалку VI, где его подогревают до температуры 45... 50°С и разбавляют до 92,5... 92,8% СВ мелассой, нагретой до 50... 55°С и содержащей МГД марки М-90 в количестве 0,007... 0,099% к массе утфеля. Для этого мелассу готовят в специальном сборнике 5, оснащенный мешательным устройством. По мере необходимости в сборник 5 вводят МГД, где его смешивают с мелассой в требуемой пропорции.

После окончания подготовки утфеля к центрифугированию его отбирают в утфелераспределитель 6 и разделяют на центрифугах непрерывного действия на сахар последней кристаллизации и мелассу. Сахар сразу попадает из центрифуги в клеровочную мешалку 8, установленную под центрифугой, где его клеруют фильтрованным соком II сатурации или, при плохом качестве, горячей водой. Получаемую клеровку,

также в зависимости от ее качества, насосом 9 подают на первую или последующие ступени кристаллизации. Мелассу направляют в сборник 10, откуда меньшая ее часть подается насосом 11 в сборник 5, а большая – на весы и затем выводится из производства.

Данная технология не претендует на общее число кристаллизаторов в установке утфелемешалок-кристаллизаторов, как и на ее тип. Она может быть эффективной в случае применения для кристаллизации охлаждением не только горизонтальных, но и вертикальных кристаллизаторов непрерывного действия, а также центрифуг различных конструкций.

По сравнению с типовой технологией она позволяет сократить время Уваривания утфеля примерно на 1... 1,5 ч, а длительность процесса кристаллизации сахара охлаждением - на 3... 4,5 ч. При этом содержание кристаллов в утфеле в среднем возрастает на 2,5%, а чистота мелассы снижается на 2,2%.

## **6. ОТХОДЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **6.1. Свекловичный жом**

Свекловичный жом представляет собой изрезанную в стружку нерастворимую обессахаренную массу свеклы. По своей структуре жом - сложный коллоидный капиллярно-пористый материал. Его клетки и межклеточное пространство заполнены водой с небольшим содержанием сахара. Сырой жом содержит около 7,5% сухих веществ. Выход жома приближенно принимают как усредненную величину в зависимости от типа диффузионного аппарата. Так, например, для колонного диффузионного аппарата (КДА) при содержании в сыром жоме 8% сухих веществ, его выход составляет 70% к массе свеклы, а для наклонного (А1 - ПДС) - около 65% к массе свеклы.

Для уменьшения содержания в жоме воды его прессуют на жомовых прессах. Жом, предназначенный для скормливания скоту в сыром виде, прессуют до 12... 14% сухих веществ, а для высушивания - до 22...25% сухих веществ. Для более глубокого прессования фирмой Ваш разрабо-

таны двухшнековые прессы, позволяющие получать жом с содержанием сухих веществ до 31%.

По своей питательной ценности жом занимает среднее место между сеном и овсом и поэтому является хорошим кормом для скота.

В его сухих веществах содержится до 50% пектиновых веществ, около 47% целлюлозы и гемицеллюлозы, 2% белка, 1% золы, а в воде имеется сахар, органические кислоты, витамины и микроэлементы. Свекловичный жом скармливают скоту свежим или кислым после хранения в жомохранилищах или в сушеном виде. Ежедневный рацион молочных коров может содержать 20... 30% свежего жома или около 5 кг. Для мясных коров количество добавляемого в корма жома может быть увеличено до 50% в сутки.

Из 100 кг сухих веществ свежего жома животными усваивается около 70 кг, а из 100 кг кислого жома – 50 кг. Поэтому экономически выгодно сушить свежий жом. При этом значительно улучшается его транспортабельность.

Выход сушеного жома составляет около 4,5...5% к массе свеклы, а плотность его при укладке насыпью - 0,25 т/м<sup>3</sup>, что требует наличия соответствующих хранилищ большой емкости.

Для уменьшения объема и улучшения условий хранения сушеный жом гранулируют или брикетируют прессованием. При гранулировании жома плотность получаемых из него гранул составляет около 0,6... 0,65 т/м<sup>3</sup>.

Для улучшения питательной ценности к свекловичному жому добавляют мелассу или другие добавки: обесфторенные фосфаты, карбамид, глауберову соль, минеральные микроэлементы. При добавках в жом мелассы его называют мелассированным, при введении в него мелассы в смеси с карбамидом - амидным. Если в жом помимо мелассы и карбамида еще вводят фосфаты, глауберову соль и микроэлементы, то он называется амидоминеральным.

Свекловичный жом, как и сахарная свекла, может использоваться в качестве сырья для промышленного производства пектина. Опыт ра-

боты кондитерских предприятий и производство овощных продуктов свидетельствуют о большом спросе на пищевые – изделия профилактического и лечебного назначения. Пищевая промышленность не в состоянии расширить их ассортимент без использования пектиновых веществ.

Известна также технология производства – пектина из свеклосахарного жома и фильтрационного осадка. По данной технологии фильтрационный осадок используют для нейтрализации пектина на первой стадии до получения его экстракта в процессе кислотнo-термической обработки сушеного жома. При переработке в сутки 50 т сушеного жома для нейтрализации пектина требуется 15 т фильтрационного осадка влажностью 50%.

Кроме этого еще в начале восьмидесятых годов за рубежом свекловичный жом стали использовать для производства пищевых волокон. Так, например, в Англии фирмой Britich Sugar производятся пищевые волокна Beta Filter, а в США фирма Crystal Sugar Company также наладила производство подобной продукции, где она продается под названием Dio Fiber. Вырабатываемые в разных странах пищевые волокна незначительно отличаются по содержанию основных химических компонентов и содержат 90...92,6% сухих веществ, 65,5...67,5% клетчатки, 20...23% пектина, около: 10% белка, а также микроэлементы в виде К, Ма, Са. При этом они имеют практически близкие органолептические свойства. Пищевые волокна используют для приготовления соусов, присыпок и приправ. Так, фирма Raffinerie Tirlemontaisi (Бельгии) вырабатывает подобный продукт под названием «Sarkara», который содержит свекловичные волокна, обогащенные витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, а также микроэлементы: Са, Zn, Fe.

Считается, что взрослому человеку требуется 19...22 г пищевых волокон в сутки. Их калорийность равняется 55...65 ккал в пересчете на 100 г сухих веществ.

В последние годы за рубежом находят широкое применение таблетки, включающие в свой состав смеси различных пищевых волокон.

Так акционерное общество ВУЦ (Прага) в Чехии разработало таблетки из свекловичного волокна под названием «СИТА», обогащенные витамином С. Их рекомендуется употреблять при разгрузочных диетах. Отмечается, что благодаря наличию, в их составе пектина, таблетки позволяют снизить содержание холестерина в крови, и тем самым исключается возможность инфаркта миокарда и ряда других заболеваний.

## 6.2. Меласса

Мелассой называют густой, вязкий раствор, содержащий помимо сахарозы основную массу несахаров сахарного производства. Ее отделяют от кристаллов сахара последней кристаллизации в поле действия центробежных сил.

Основная причина образования мелассы обусловлена свойством несахаров вступать с сахарозой в химические реакции и отсутствием реальной возможности проведения процессов кристаллизации при полном удалении из сахарных растворов воды.

По существующей в настоящее время типовой технологии из свекловичного сока удаляется около половины всех несахаров. Часть оставшихся в соке несахаров в щелочной среде превращается в соединения, вызывающие сильное мелассообразование. В результате этого около 48... 50% сахара попадает в мелассу.

Состав получаемых меласс сильно колеблется, что обусловлено качеством исходного сырья и технологическими условиями его переработки.

По данным проф. А.Р.Сапронова отечественная свеклосахарная меласса чистотой 60% может иметь следующий состав (кг): сахароза – 48, вода – 20, безазотистые несахара – 6,78, азотистые несахара – 15,47 и неорганические несахара – 9,75.

Средний химический состав французских меласс свеклосахарного и тростниково-сахарного производств приведен в табл.11.

Таблица 11

Сопоставление французских меласс по их химическому составу

Химический состав	Меласса, % к ее массе	
	свеклосахарная	тростниково-сахарная
Сахароза	50	30
Вода	20	20
Раффиноза	1,0	0,1
Глюкоза + фруктоза	0,1	20
Другие углеводы	1	4
Азотистые вещества	12	7
Безазотистые органические вещества	5	6
Минеральные вещества	11	13

Из табл.11 видно, что по ряду химических компонентов мелассы, полученные из различного сырья, существенно различаются.

Выход мелассы на отечественных свеклосахарных заводах может колебаться от 4,0 до 5,5% к массе переработанной свеклы. В ней содержится примерно 50% сахара, что составляет около 2,0...2,5% потерь сахара к массе свеклы.

Меласса считается отходом сахарного производства, но она служит ценным сырьем для целого ряда различных отраслей современной промышленности, из нее получают этиловый и бутиловый спирт, лимонную и глютаминовую кислоты, глицерин и ацетон.

В ряде стран используют не только мелассу, но и отход от ее спиртовой ферментации - барду. Количество барды значительно превышает выход основного продукта. Так, например, при ферментации 40 кг ме-

лассы получают около 12 л спирта и 130 л барды с содержанием около 9% СВ. Это вызвано тем, что мелассу перед ферментацией разбавляют водой в соотношении: \ части мелассы и % - воды. Поэтому была разработана технология, предусматривающая замену воды разбавленной бардой, что позволило повысить ее концентрацию.

Барда, например, используется во Франции для улучшения кормовых качеств жома глубокого отжатия (16...28% СВ). При этом значительно улучшается его протеиновый состав. Известна также технология получения дрожжей с двойным центрифугированием и возвратом 60% барды. Высушенный свекловичный жом с добавками барды называют бардяным жомом.

Из мелассы получают моноглутамат натрия, L-лизин, пенициллин и другие антибиотики, витамины и стимуляторы роста. При этом меласса - основное сырье для производства витамина B<sub>12</sub>, так как бетаин мелассы способствует его биосинтезу. В Eurolysine (Франция) построен самый крупный в мире завод по производству L- лизина, вырабатывающий более 21 тыс. т в год этой аминокислоты. Использование L-лизина для питания животных позволило значительно сократить для этих целей расход сои.

Кроме основного продукта - L-лизина, из минеральных и органических отходов его биологического производства получают бинарные удобрения НК и раствор с 45%-ным содержанием протеина, который концентрируют и продают на корм скоту.

Меласса зарекомендовала себя хорошим сырьем для производства детергентов (моющих средств), а также при изготовлении некоторых строительных материалов и в литейном производстве. Оказалось, что добавка 0,3...0,5% мелассы в глину перед формовкой кирпича позволяет улучшить его пластичность и прочность после обжига. В зависимости от вида сырья для производства кирпича за счет добавок мелассы можно улучшить его качество на 20...40%.

Мелассу добавляют в грубые корма для скота в сочетании с мочевиной, глауберовой солью и другими компонентами. При использовании

мелассы для улучшения кормового рациона животных к ней предъявляют соответствующие требования. Так, по нормам ЕС содержание сахара в свекловичной мелассе должно быть равно или превышать 45%, а для тростниково-сахарной – более 50% к ее массе. Кроме этого, во Франции существуют ограничения на некоторые микроэлементы, содержание которых в мелассе не должно превышать (мг/кг): мышьяка – 2, свинца – 10, фтора – 150 и ртути – 0,1.

### 6.3. Фильтрационный осадок

Фильтрационный осадок (декантат) представляет собой трудно транспортируемую, липкую и густую массу. Он образуется в результате взаимодействия несугаров диффузионного сока с известью и диоксидом углерода.

Количество образующегося фильтрационного осадка составляет от 8 до 12% к массе перерабатываемой свеклы и зависит от количества извести, вводимой на очистку сока, которое в свою очередь определяется качеством исходного сырья и технологией очистки сока. Влажность фильтрационного осадка после вакуум-фильтров составляет около 50% к его общей массе и с ним теряется примерно 0,15% сахара к массе сырья. То есть на свеклосахарном заводе производственной мощностью 3 тыс. т свеклы в сутки ежегодно образуется около 40 тыс. т дефеката. Его выводят на поля фильтрации, занимающие по площади не менее 13 м сельскохозяйственной пашни.

Фильтрационный осадок удаляется с завода гидравлическим способом после разбавления водой В настоящее время около 80% свеклосахарных заводов России откачивают его на поля фильтрации вместе с осадком транспортно-мочных вод.

Фильтрационный осадок имеет следующий примерный химический состав, %:

Углекислый кальций	74
Органические вещества:	
безазотистые	9,5

азотистые	6
Сахар	2
Пектиновые вещества	1,5
Известь в виде солей различных кислот	3
<u>Прочие минеральные вещества</u>	<u>4</u>
Итого:	100%

После достижения влажности осадком до 40% его переводят в так называемые сухие отвалы.

Возможные области применения фильтрационного осадка.

### ***1. Внесение в почву для нейтрализации ее кислотности или в качестве удобрения***

Нейтрализация кислых почв позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур. В странах СНГ насчитывается более 35 млн. га почв с повышенной кислотностью, что требует около 20 млн. т известковых материалов. Наличие в фильтрационном осадке различных несугаров, полезных для выращивания растений, делает его предпочтительным перед стандартными известковыми удобрениями и поэтому обеспечивает большую их урожайность. В Англии, Германии, США, Италии и других странах фильтрационный осадок в основном применяют как удобрение для почв с повышенной кислотностью. Помимо этого его можно также использовать в качестве мелиоранта для солонцовых почв. Механизм его воздействия в этом случае подобен гипсу.

Кроме естественной подсушки в отвалах его стали сушить в специальных установках различных конструкций, размалывать и рассеивать на фракции.

### ***2. Регенерация с повторным использованием для операций очистки на сахарных заводах***

Из внедренных технических решений в этой области известны регенерационные установки, работающие на сахарных заводах США и Японии. Одной из главных причин, препятствующих их широкому распространению в сахарной промышленности, является низкая концентрация диоксида углерода в отходящих газах.

### ***3. В производстве цемента, силикатного кирпича, асфальтобетонных материалов***

В настоящее время известны два действующих цеха по производству цемента из фильтрационного осадка на сахарных заводах Китая. Кроме этого в Китае разработана технология получения из фильтрационного осадка гидрофобного порошка. Его применяют для защиты покрытий дорог, крыш строительных конструкций и на других объектах. Проведенные в этом направлении исследования с фильтрационным осадком Приморского сахарного комбината показали, что из него можно вырабатывать цемент марки 300...350.

Что касается производства на основе осадка силикатного кирпича и других строительных материалов, то в России накоплен достаточно большой положительный опыт в этой области.

### ***4. В комбикормовой промышленности в качестве минеральной добавки в корм для птиц и скота***

Фильтрационный осадок содержит большое количество кальция и поэтому может быть использован для замены кормового известняка и мела в составе кормовых смесей. Так, например, в Японии предложен способ приготовления кормовой добавки путем смешивания высушенного фильтрационного осадка с мелассой, витаминными препаратами и минеральными веществами. На Украине (ВНИИСП) разработан способ получения фосфорно-кальциевых подкормок. Исследования в этом направлении проводятся и в других странах СНГ.

### ***5. Вместо мела при изготовлении резинотехнических изделий с улучшенными свойствами***

В данном случае фильтрационный осадок применяют как наполнитель вместо мела.

### ***6. Для улучшения очистки транспортно-моечных вод свекло-сахарного производства***

С этой целью фильтрационный осадок используется вместо извести, как коагулянт.

Кроме этого осадок может быть использован для приготовления кра-

сок, производства бумаги, шлаковаты, получения воска и как уплотнитель кагатных полей на свеклосахарных заводах.

## **7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

### **7.1. Значение и роль технологического контроля при выработке сахара**

Основной задачей сахарного производства является получение из сырья максимального количества сахара требуемого качества.

Высокие технико-экономические показатели сахарного производства могут быть достигнуты при использовании современной технологии приемки, хранения и переработки сырья в соответствии с его качеством.

Технохимический контроль сахарного производства – это научно обоснованная и апробированная система методов и средств исследований сырья, готовой продукции, промежуточных продуктов и отходов производства. Он позволяет устанавливать и строго соблюдать параметры технологического режима на всех участках — от приемки сырья до выработки готовой продукции, вести учет количества вводимой в переработку с сырьем сахарозы и ее потери в производстве.

Ведение технологического контроля является основной задачей производственной лаборатории сахарного завода. Заводская лаборатория осуществляет следующие важные функции, направленные на увеличение выхода и повышение качества сахара:

- 1) контроль всех технологических процессов производства, определение для них оптимальных условий и руководство этими процессами на основании результатов исследований;
- 2) контроль качества вырабатываемого сахара;
- 3) учет выхода сахара и потерь его в производстве.

На свеклосахарном заводе кроме заводской имеется сырьевая лаборатория и лаборатория химического контроля в ТЭЦ. В задачи сырьевой лаборатории входит учет количества свеклы, принятой от поставщиков, и определение ее качества, контроль за укладкой свеклы в кагаты,

контроль за ее состоянием при хранении, учет свеклы, заложенной на хранение и сданной в переработку.

Химическая лаборатория в ТЭЦ контролирует качество питающей воды и конденсатов, применяемых для получения пара.

Регистрация всех качественных показателей сырья, полупродуктов, готовой продукции и вспомогательных материалов, определяемых в лаборатории, ведется в специальных журналах.

### **7.2. Основные методы и анализы технохимического контроля сахарного производства**

Организация химико-технического контроля – производства предусматривает отбор и анализ проб, расчет определяемых показателей на основании данных проведенных анализов и учет производства. Отбор проб производится в соответствии с «Инструкцией по химико-техническому контролю и учету сахарного производства».

Для учета выхода сахара и предотвращения его потерь необходимо уметь определять содержание сахара в сырье и отходах производства, а для контроля производства и качества выпускаемой продукции, кроме определения содержания сахара, требуется выполнять дополнительные исследования, характеризующие качество полупродуктов и изменение количества несахаров в различных отделениях завода.

При определении сахара в различных продуктах важное значение имеет содержание в них сухих веществ. Зная содержание сухих веществ и сахара, легко определить по их разности количество — примесей (несахаров), как и чистоту сахаросодержащих продуктов. Чистота является одним из важнейших показателей их качества. Под термином «чистота» понимают массовую долю сахарозы в пересчете на сухое вещество конкретного продукта, выражаемую в процентах.

Сахар-песок почти на 100% состоит из сахарозы. Согласно требованиям ГОСТ 21 - 94 его чистота должна быть не менее 99,75%. То есть в нем содержится не более  $100 - 99,75 = 0,25\%$  несахаров.

К важным анализам сахарного производства относят определение

цветности, щелочности, величины рН продуктов и полупродуктов, содержание некоторых несхаров свеклы и продуктов ее переработки (редуцирующих веществ, солей кальция, азотсодержащих веществ, золы и др.).

В практике техноконтроля насчитывается много различных методов для осуществления выше описанных анализов. Их выбор определяется требуемой оперативностью и точностью получаемых результатов.

### 7.3. Потери сахара в производстве и их оценка

Потери в сахарном производстве определяют как разницу между количеством сахарозы, поступившей с сырьем на завод, и ее содержанием в сахаре-песке и мелассе.

То есть для определения общих потерь сахара в производстве  $Q_{\text{пот}}$  необходимо знать сахаристость переработанного сырья  $CX$ , определить из него выход сахара  $G_{\text{пот}}$  и потери сахарозы в мелассе  $\Pi_m$

$$Q_{\text{пот}} = CX - G_{\text{пот}} - \Pi_m$$

Потери сахара выражают в процентах к массе переработанного сырья. Их величина устанавливается в зависимости от технической оснащенности сахарного завода.

Общие потери сахара подразделяют на учтенные и неучтенные. К учтенным потерям относят те, которые определяются в условиях заводской лаборатории. Учтенные потери в производстве всегда известны. Так, например, для условий свеклосахарного производства такими являются потери на диффузии в выводимом из данного процесса жоме (около 0,35%), в фильтрационном осадке сокоочистительного отделения - 0,12% и около 2,5% к массе свеклы в мелассе.

Сложнее выявить и уменьшить неучтенные потери, которые могут достигать более 50% от общих потерь сахара в производстве. На некоторых отечественных сахарных заводах учтенные потери сахара в производстве значительно превышают нормативные показатели и достигают в ряде случаев 1...2%, а неучтенные - 0,6... 1,6% к массе свеклы.

Неучтенные потери сахара в значительной степени обусловлены жизнедеятельностью микроорганизмов, химическим и термическим разложением сахарозы и разливами. И если потери в разливах контролируются, то их величина от химического и термического разложения, а также жизнедеятельности микроорганизмов неопределяема. При нарушениях технологического режима и переработке подпорченной свеклы эти потери могут быть более 1% к ее массе. Каждый 0,1% неучтенных потерь сахара в свеклосахарном производстве уменьшает выход сахара-песка примерно на 0,2... 0,25% к массе сырья. Поэтому очень важно знать причину и место их образования.

Неучтенные потери сахара, образуемые при инвертировании сахарозы в процессе диффузии, зависят от активности инвертазы свеклы, рН среды, температуры, степени зараженности микроорганизмами, длительности процесса, способа подкисления питательной воды для диффузии, типа диффузионного аппарата и ряда других факторов. В зависимости от их влияния потери сахара на диффузии в результате жизнедеятельности микроорганизмов могут быть от нескольких десятых до 1% к массе свеклы.

Наименьшие потери сахара в процессе очистки сока достигаются при рН не ниже 9,0...9,5, минимально возможных температуре и продолжительности процесса. Неучтенные потери  $\Pi_{\text{н.п}}$  в сокоочистительном отделении можно ориентировочно определить из формулы

$$\Pi_{\text{н.п}} = (\Pi_x Q_{\text{сах}} M_c Z) / 100,$$

где  $\Pi_x$  – масса сахарозы, разложившейся за  $t$ , % к массе исходной сахарозы;

$Q_{\text{сах}}$  – содержание сахарозы в соке, % к массе сока;

$M_c$  – масса анализируемого сока;

$Z$  – длительность пребывания сока на проверяемом участке, ч.

Неучтенные потери сахара при сгущении сока выпариванием в основном обусловлены инвертированием сахарозы и образованием органических кислот при разложении инвертного сахара. При неправильном ведении этого процесса неучтенные потери могут достигать 0,2...

0,4% к массе свеклы. Расчетные суммарные потери сахарозы на выпарной установке составляют около 0,014% к массе свеклы. Из них на первые два корпуса приходится около 57% при длительности проходящего в них процесса 23,5 мин. В ряде случаев повышенный температурный режим и большая суммарная поверхность нагрева выпарной установки могут быть причиной увеличения потерь от разложения сахарозы до 0,8% к массе свеклы.

Условия работы кристаллизационного отделения характеризуются значительными потерями сахара. На некоторых заводах они достигают от 0,5 до 1,5% к массе свеклы. Потери сахарозы при уваривании утфеля прямо пропорциональны длительности этого процесса, поэтому работа на концентрированных сиропах способствует не только их уменьшению, но и позволяет проводить его с меньшим нарастанием цветности. Одним из факторов ухудшения качества сахара-песка и превышения его потерь в мелассе является недооценка влияния температурных условий на уваривание утфеля. Так, например, доказано, что при выдерживании pH утфелей II и III кристаллизаций в диапазоне 7,7... 8,5 и температуры их уваривания в пределах 63...65°C неучтенные потери в кристаллизационном отделении снижаются на 0,08% к массе свеклы.

Содержание сахара в свекловичной мелассе является одним из основных показателей, влияющих на его выход. Сверхнормативное содержание сахара в мелассе на некоторых заводах обусловлено как образованием значительных количеств продуктов распада сахарозы, так и неполным истощением межкристального раствора утфеля последней кристаллизации.

На ряде заводов имеются потери сахара в барометрической воде вакуум-конденсационных установок. Эти потери могут быть от 0,1 до 0,5% к массе свеклы.

Кроме того, на многих сахарных заводах повышенные неучтенные потери связаны с разливами и капезами. Помимо этого на их величину могут также влиять возможные ошибки при анализе состава и определении количества соответствующих продуктов.

В зависимости от качества свеклы и технологических условий ее переработки в главном корпусе завода потери сахара в производстве могут быть от 0,6 до 1,3% и в мелассе — от 2,0 до 3,5% к массе свеклы. Их сумма по данным Госкомстата России за 2002 г. составила 3,07% к массе свеклы, из которых на производственные потери приходится 0,93%, а в мелассе – 2,14%.

#### Потери сахарозы при переработке сахара-сырца

Общие потери сахарозы в зависимости от принятой технологии переработки сахара-сырца на сахар-песок могут быть 1,8...2,1% к его массе, из них 0,9... 1,1% удерживается в мелассе и около 1% теряется в производстве. На учтенные потери (в фильтрационном осадке) приходится 0,10...0,15%, а на неучтенные (от термохимического разложения, микроорганизмов и др.) — 0,7... 0,8%.

Неучтенные потери сахарозы в производстве (в % к массе сахара-сырца) обусловлены различными причинами.

В клеровочном отделении они связаны с микробиологическим разложением сахарозы, протекающим в сборниках разбавленных промоек.

На заводе средней производительности масса промоек невелика (около 13 м<sup>3</sup>/ч), но общая вместимость сборников и трубопроводов, а также продолжительность пребывания в них промоек значительны, поэтому и микробиологические потери сахарозы в них (особенно при температуре не более 60°C) могут быть повышенными.

Потери сахарозы в процессе известково-углекислотной очистки клеровки сахара-сырца объясняются большей вместимостью технологических аппаратов, что приводит к длительному пребыванию в них сахарных растворов при высокой температуре.

В продуктовом отделении большое влияние на потери сахарозы оказывают высокая температура уваривания утфелей и низкие значения pH. Если же поддерживать pH утфелей 7,2...7,5 и температуру меньше 70°C, то неучтенные термохимические потери сахарозы резко снижаются.

Потери сахарозы в барометрической воде при уваривании утфелей

связаны с уносом капель сиропа с утфельным паром и перебросами. Для их снижения перед барометрическим конденсатором устанавливают ловушку вместимостью 6 м<sup>3</sup> на 100 т перерабатываемого сахара-сырца.

В сточные воды сахароза попадает с конденсатом вторичных паров, а также в результате разливов сахаросодержащих растворов.

## 8. НОВЫЕ ВИДЫ САХАРА

### 8.1. Специальные сорта сахара и продукты на его основе

Несмотря на то, что сахароза является обязательным компонентом в рационе питания человека, ассортимент продукции отечественной сахарной промышленности весьма ограничен. В России традиционно вырабатывают два основных вида сахара: обычный сахар-песок и рафинад. При этом ГОСТ 22 - 94 предусматривает производство рафинада в виде кристаллического сахара, прессованного (колотого и прессованного), для производства шампанского, а также пудры.

При необходимости отечественные сахарорафинадные заводы могут вырабатывать жидкий не инвертированный сахар двух сортов: высшей категории — сахарный сироп, освобожденный от взвешенных примесей и обесцвеченный с использованием адсорбентов, в I категории — сахарный сироп, осветленный с использованием фильтрующих материалов

Рафинадная пудра представляет собой измельченные кристаллы рафинированного сахара размером не более 0,1 мм. Ее фасуют в пакеты массой по 0,5 и 1.0 кг или в двухслойные мешки с добавкой 3... 4% кукурузного крахмала. Добавка крахмала исключает возможное  лкование пудры при ее хранении.

Сахарозу для шампанского вырабатывают в виде кристаллов сахара размером 1,0...2,5 мм, ее массовая доля в пересчете на сухое вещество должна быть не менее 99,9%, а влажность и содержание редуцирующих веществ не должны превышать соответственно 0,10 и 0,03%.

Следует также отметить, что в последние годы в России появились

отечественные фирмы, которые пытаются расширить ассортимент вырабатываемого сахара. Так, например, компания ООО «Элен Сиб», основанная в 2002 году, смогла наладить производство кубического и цилиндрического прессованного сахара. Ассортимент выпускаемой ими продукции включает 45 видов и фасовок сахара, в том числе и окрашенных в оранжевый (апельсин), зеленый (яблоко), желтый (лимон) цвета с использованием натуральных пищевых красителей.

К новым и перспективным сортам следует отнести гранулированный сахар, технология которого была разработана Всероссийским НИИ крахмалопродуктов совместно с кафедрой технологии сахара и сахаристых веществ МГУПП. Ее необходимость обоснована тем, что классическая технология свеклосахарного и тростниково-сахарного производств основана на максимально возможном отделении (очистке) сахарозы от побочных нативных компонентов (несахаров). Производство гранулированного сахара позволяет сохранить значительную часть полезных для человека несахаров сырья. Кроме того, при использовании для этих целей сиропа отпадает необходимость в таких энергоемких и трудоемких процессах, как кристаллизация, центрифугирование, переработка промежуточных продуктов и др. Это значительно повышает эффективность данного производства при одновременном сокращении производственных площадей примерно на 60%. Кроме того, применение данной технологии позволяет снизить капитальные затраты на 40%.

На рис. 13 схематично дано представление о производстве гранулированного сахара из сахаросодержащего сиропа. В соответствии с приведенной схемой процесс гранулирования осуществляется в специальной установке, куда вводится сироп с содержанием сухих веществ не ниже 88% и затравочные гранулы, как исходные продукты.

Корпус установки - гранулятора представляет собой кольцевую рабочую камеру, ограниченную двумя цилиндрами. В боковой поверхности наружного цилиндра имеется отверстие, через которое выгружается готовый продукт в приемный сборник. Во внутреннем цилиндре смон-

тирован механизм для перемешивания гранул – сахара. Перемешивающее устройство выполнено в виде шести лопастей, установленных в кольцевом пространстве рабочей части корпуса. Днище корпуса установки имеет ограниченный сетчатый участок, через который вводят в камеру подогретый воздух. Корпус установки закрывается конической крышкой из оргстекла, что позволяет видеть весь процесс гранулирования сахара. Помимо этого в рабочей камере создается небольшое разрежение, что исключает попадание пыли в помещение.

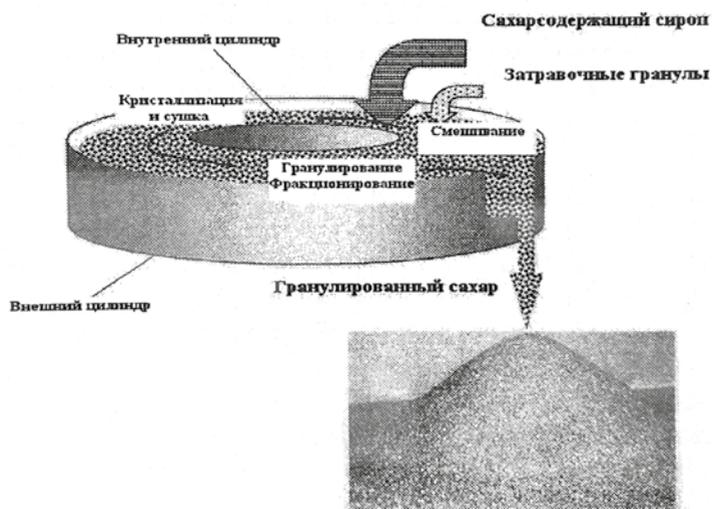


Рис. 13. Схема производства гранулированного сахара

Подаваемый в установку сахаросодержащий сироп равномерно распределяется в виде пленки на поверхности затравочных гранул. При этом в пленке одновременно имеют место два процесса: испарение воды и кристаллизация сахарозы, что и обеспечивает рост самих гранул. При достижении определенного размера: гранулы разрушаются с образованием новых затравочных центров, что делает процесс получения гранулированного сахара: непрерывным.

Скорость образования гранул ( $v_{гр}$ , кг/кг×час) зависит от чистоты исходного сиропа ( $Ч$ , %) и может быть установлена из эмпирической зависимости  $v_{гр} = 130 \times (100 - Ч)^{-2,217}$ , которая корректна для растворов

чистотой 82...92 %.

Зная скорость образования гранул, и задаваясь необходимой производительностью, можно определить массу затравочных гранул и на основе этого найти общий объем: затравочного слоя в рабочей камере установки, а, следовательно, и ее геометрические параметры.

Гранулированный сахар; представляет собой полноценный пищевой продукт в виде гранул диаметром 3..6) мм с приятным вкусом и запахом. Он может быть использован непосредственно в питании человека, а также как сырье для производства: кондитерских и хлебобулочных изделий.

За рубежом вырабатывают гораздо больше специальных видов сахара в жидком, аморфном, жележном, пастообразном и мягком виде, а также в форме леденцов: и крупных: кристаллов (кандис). Их цвет может быть от светло-желтого до темно-коричневого. Благодаря присутствию в этих сахарах небольших количеств минеральных и органических соединений они имеют специфический вкус, что повышает их спрос у населения. Жидкий сахар вырабатывают в виде насыщенных растворов сахарозы, инвертного сахара или в виде их комбинаций. Иногда в них добавляют ароматические вещества, такие как ананасовая, лимонная и фруктовая эссенция и др. К специальным сортам сахара из тростника можно отнести продукцию, вырабатываемую, например, фирмой Tate & Lyle:

"Demerare Sugar" с уникальным запахом для кофе, покрытия фруктов хрустящей корочкой. Он также: может быть использован как ароматизатор некоторых мясных блюд,

"Lyle's Golden Syrop" из сахарного тростника. Его используют для приготовления печенья, блинов, вафель и других десертов;

"Lyle's Black Treacle" - темный и сильно ароматизированный продукт богатый минеральными солями. Он предназначен для производства печенья, конфет, а также напитков.

В настоящее время этими проблемами занимаются многие фирмы разных стран. Известны разработки Акционерного общества ВУЦ

(Прага) из Чехии. Их продукты используют для улучшения вкуса сладких мучных блюд, пудингов, коктейлей, мороженого и молочных изделий («Карамель»), для спортсменов с большой физической нагрузкой и людей, занимающихся спортом («Ионтофит») и др. Широкий ассортимент подобных продуктов вырабатывается фирмой Raffinerie Tirlemontaise (Бельгия).

В Казахстане фирмой «Сахарный центр» налажено производство сахара марки «Terra incognita», имеющего вкус сахарного тростника, содержащего в себе много витаминов, минералов, микроэлементов, солей калия, натрия и кальция.

В ряде стран для кондитерской промышленности производят влажный и сухой помадный сахар. Для получения влажного помадного сахара рафинированный сахар смешивают с глюкозой из расчета 9:1. Полученную смесь растворяют в воде до состояния пересыщения и при перемешивании охлаждают. При этих условиях охлажденный продукт превращается в белоснежную пастообразную массу, состоящую из мельчайших кристаллов. Сухой помадный сахар представляет собой смесь мелких кристаллов сахара-песка с инвертным сахаром разбавленную водой до состояния помадки.

Желирующий сахар - необходимый компонент в производстве мармелада. Его получают смешивая яблочный пектин, лимонную кислоту, рафинированный сахар и воду в соотношении (%): 0,8 : 0,6 : 98,2 : 0,4.

В Индии, Индонезии, на Филиппинах и ряде других стран высоко ценится пальмовый сахар (Palm Gur и др.), имеющий приятный вкус и аромат. Его получают, сгущая сок пальмовых деревьев. Кроме того, в Индии и некоторых других странах Азии из сока сахарного тростника получают сахар, называемый Gur или Jaggegu. Большая часть этих сахаров используется для приготовления национальных блюд и напитков. Помимо этих продуктов широким спросом пользуются мягкие сахара: Jo-Naku-To, Chu-Naku-To, San-On. Размер их кристаллов колеблется от 0,13 до 0,21 мм, содержание сахара — от 94 до 97%, редуцирующих сахаров - от 1,5 до 2,5%, золы — от 0,1 до 0,6% и влажность — от 1,2

до 2,1%.

Большим спросом во многих странах пользуется желтый сахар. Он содержит до 96% сахарозы, а также другие, имеющие питательную ценность компоненты: аминокислоты, микроэлементы и органические кислоты.

## 8.2. Продукты профилактического назначения

Исследования Института питания РАМН свидетельствуют о недостаточном потреблении витаминов, макро- и микронутриентов большей частью населения России.

В соответствии с «индексом человеческого развития» (методика ООН) по уровню жизни, в расчете которого питание имеет определяющее значение, наша страна занимает 71-е место в мире. Уровень потребления основных продуктов питания значительно уступает рекомендуемым нормам, как по общей энергетической ценности, так и по своей структуре. По данным НИИ питания РАМН, недостаток витамина С выявлен у 80... 90% обследованных людей. Установлено также, что от 40 до 80% из них испытывает недостаток витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, которых в сутки человеку требуется соответственно 1,2... 1,6; 1,5...2,0; 2,0; 16...22 мкг, а также фолиевой кислоты. Причем в первую очередь не хватает витаминов антиоксидантного ряда - С, Е, А, потребность в которых для взрослого человека составляет соответственно 70... 80; 10; 1,0 мкг/сут и β-каротина. В большинстве регионов России поливитаминовый дефицит сочетается с недостаточным поступлением Йода, кальция, фтора и железа. В условиях роста дефицита микронутриентов в питании и связанной с ним негативной динамики показателей здоровья населения по поручению Правительства России была разработана «Концепция государственной политики в области здорового питания до 2005 года», которая предусматривает улучшение структуры питания населения за счет возрастания доли продуктов массового потребления с высокой пищевой и биологической ценностью. При этом предполагается на 20...30% увеличить выпуск продуктов, обогащенных витами-

нами и минеральными веществами, с использованием биологически активных добавок.

Исследования в этом направлении были проведены в Дальневосточном центре РАН, где на их основе разработана технология получения тонизирующего сахара. В качестве биологически активных веществ использовали фитиновую, олеиновую и органические кислоты, витамины С и группы В. Получаемый по данной технологии сахар имеет светло-коричневый цвет и приятный специфический запах.

На Приморском сахарном комбинате отработана технология получения прессованного сахара с добавкой экстракта лекарственных трав местной флоры: элеутерококка, женьшеня и лимонника. Получаемый с подобными добавками лекарственных трав сахар используется в качестве тонизирующего средства и для лечебных целей.

Применение биологически активных добавок позволяет получать на их основе продукты, обладающие рядом лечебных свойств:

- адаптагенными и иммуно-модулирующими;
- противокашлевыми и противовоспалительными (шалфей, эфирные масла);
- успокаивающими и седативными (валериана, пустырник, хмель);
- общеукрепляюще-профилактическими, тонизирующими и др.

В этом направлении активно работает коллектив Российского НИИ сахарной промышленности, который разработал целую серию подобных продуктов на основе сахара-рафинада и специальных фитодобавок:

- **иммунид**, обогащенный натуральным экстрактом **ж**енацен, который оказывает фитотерапевтическое воздействие на иммунную систему человека;

- **адаптин**, имеющий натуральный запах родиолы розовой и обладающий тонизирующим свойством даже в малых дозах. Он повышает устойчивость организма к неблагоприятным экологическим факторам и защищает от стрессов.

Курским государственным медицинским университетом отработана

технология получения и внесения в сахар пищевой адаптогенной добавки медицинского назначения. Она представляет собой бесцветный спиртовой или водный концентрат гомеопатических лекарственных препаратов, не требующих разрешения Минздрава России. Расход его после разведения 1:100 составляет 10 мл на 1 кг готовой продукции.

К подобным разработкам может быть отнесен способ обогащения сахара биологически активными добавками (Патент РФ № 2162106 от 20.01.2001 г.). В соответствии с ним биологически активную добавку наносят на слой неподвижного сахара толщиной 3,0... 5,0 мм и влажностью 1,2...1,8 %. В качестве добавки используют спиртовой экстракт травы эхинацеи или спиртовой экстракт корневища и корня родиолы розовой, а также бальзамы «Владыка» или «Таежный». Биологически активные добавки наносят на кристаллы путем их распыления из расчета 1,0...2,5 части на 100 частей сахара. Однако при таком способе обогащения сахара трудно обеспечить равномерность распределения добавок и их требуемую дозировку.

Исследования по обогащению сахара пищевыми добавками, биологически активными веществами, макро- и микронутриентами в настоящее время также проводятся на кафедре технологии сахара и сахаристых веществ МГУПП. Особое внимание при этом уделяется получению сахара с добавками Йода, селена, а также золотистых сахаров, обогащенных β-каротином и лактатами. Выбор этих компонентов был обусловлен тем, что йод и селен, наряду с железом, медью, марганцем, цинком и кобальтом являются важнейшими радиопротекторными микроэлементами. Так суточная потребность в йоде составляет 100... 150 мкг на человека, тогда как с обычными продуктами его потребляется от 4 до 15 мкг/сутки. Йод участвует в образовании гормона тироксина, при недостатке которого у человека может развиваться тяжелое заболевание - зобная болезнь и другие болезни щитовидной железы.

Несмотря на то, что препараты, содержащие йод, селен, β - каротин, выпускаются фармацевтической промышленностью в достаточном количестве и различных лекарственных формах, их начинают принимать

лишь по назначению врача, когда человеческий организм по этим соединениям достиг полного истощения. Применение микроэлементов в лекарственных формах требует регулярности, самоконтроля и сопряжено с преодолением некоторого психологического барьера, поскольку напоминает лечение. Более того, многие люди просто не знают о важности для своего здоровья тех или иных макро- и микроэлементов, как и ряда биологически активных веществ. Все это привело к появлению таких продуктов как йодированные хлеб, молочные продукты, соль, обогащенные различными пищевыми добавками макаронные изделия и другие.

Разработка йодсодержащего сахара отвечает задачам Постановления Правительства РФ «О мерах по профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода» от 05.10.99 г.

В наших исследованиях для йодирования сахара была использована пищевая добавка «Йодказеин» (гигиеническое заключение МЗ РФ №77.99.9.916.11.1466.3.99 от 25.03.99г.). Она представляет собой йодированный молочный белок казеин и разработана специально для профилактики заболеваний щитовидной железы. Данный препарат прошел всестороннюю экспертизу, подтвердившую его функциональную пригодность и полную безопасность для человека. Его применяют при йодировании хлеба и молочных продуктов. В отличие от К, используемом для йодирования соли, «Йодказеин» полностью исключает передозировку йода, так как его усвоение происходит одновременно с усвоением молочного белка - казеина. В составе йодказеиновой добавки йод прочно связан с белком и сохраняется не только в условиях термообработки, но и при длительном хранении.

Использование селена как добавки в сахар обусловлено тем, что он является важнейшим звеном антиоксидантной системы организма человека. Именно она блокирует свободные радикалы, нарушающие деятельность клеток в организме человека и исключает причину ряда тяжелых заболеваний. Согласно современным представлениям свободные радикалы представляют собой органические молекулы с неспарен-

ным электроном, легко вступающие в химические реакции. Избыток свободных радикалов в организме человека может подавить защитное действие его иммунной и антиоксидантной систем и вызвать развитие онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, а также пищеварительного тракта, суставов и других.

Селен входит в состав фермента глутатионпероксидазы, который блокирует наиболее активные и опасные для человека формы свободных радикалов. Другие ферменты, входящие в состав антиоксидантной системы, не могут блокировать подобные формы свободных радикалов. Поэтому селен можно считать незаменимым микроэлементом в питании человека. В сутки человеку требуется 70 мкг селена. Однако по данным института РАМИ 80% населения России испытывают дефицит селена в организме.

Недостаток селена снижает иммунитет и работоспособность, способствует накоплению тяжелых металлов и преждевременному старению организма, аллергическим и бронхиальным заболеваниям. Следует особо отметить, что с обменом селена связаны не только проблемы онкологии и сердечно-сосудистых заболеваний, но и возникновение сахарного диабета, бесплодия и болезней печени.

Избыток селена в организме человека также вреден и может привести к отравлению. Поэтому, для сбалансированного и безопасного дозирования селена в сахар-песок его используют в виде органического соединения, которое усваивается организмом только в необходимом количестве. Это может быть соединение селена и ксантена, природного компонента витамина Е и флавоноидов. Оно выпускается под торговой маркой «Селен-актив» в соответствии с ТУ 9280-006-17664661-01 и сертифицировано Минздравом РФ (РУ № 003318.Р.643.10.2001).

Введение в сахар  $\beta$  - каротина обусловлено необходимостью обогащения организма человека провитамином А (каротином). Витамин А является одним из важнейших компонентов роста человека, участвует в обменных реакциях белков, жиров, углеводов, обеспечивает нормальную деятельность органов зрения, повышает устойчивость организма

к заболеваниям слизистых оболочек дыхательных путей, кишечника и в целом - к инфекциям.

По данным ГУ НИИ Питания РАМН, около 50% населения России в целом испытывают дефицит каротиноидов в питании. Наиболее распространенным каротиноидом является  $\beta$  - каротин. Рекомендуемый уровень потребления этого микронутриента для взрослого человека составляет 1,5...2,0 мг в день. В качестве источника  $\beta$  - каротина в пищевых отраслях используют натуральный пищевой краситель «Веторон», представляющий собой водный раствор  $\beta$ -каротина с добавлением витаминов С и Е. Широкий спектр профилактического и терапевтического действия этого препарата обусловлен антиоксидантными, иммуномодулирующими и противовоспалительными свойствами  $\beta$  - каротина. Благодаря способности связывать активный кислород,  $\beta$  - каротин защищает клеточные структуры от разрушения свободными радикалами, способствует укреплению иммунитета, снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний, смягчает воздействие вредных факторов окружающей среды (электромагнитных излучений, химического и радиоактивного загрязнения), повышает адаптационные возможности организма, устойчивость к стрессам.

Применение в качестве пищевой добавки в сахар гидролизованной обогатщенной лактатами (СГОЛ), обусловлено образом  $B_2$ ), молочной сыворотки, высоким содержанием в ней витаминов (главным витамином А -  $\beta$ -каротина (до 0,34 мг/100 г), макро- и микронутриентов. СГОЛ является продуктом ферментативного биологического процесса. В ходе этого процесса молочная сыворотка обогащается гидролизными, редуктазными, гликолитическими, пероксидазными ферментами, витаминами, полисахаридами, нуклеиновыми кислотами и другими биологически активными веществами. В результате гидролиза лактозы и полипептидов сыворотки гидролазами молочнокислых стрептококков конечный продукт является низколактозным, содержащим олигопептиды, что повышает его биологическую ценность. Поэтому СГОЛ является пищевой добавкой с низким содержанием лактатов и денату-

рированного сывороточного белка. При этом особо важно то, что нативные белки молочной сыворотки характеризуются значительной антигенностью.

Помимо этого взрослому человеку в сутки требуется (мкг): цинка 15; железа 10; меди 1,5... 3; кальция 800; магния 400.

На основе этих исследований разработан и запатентован в 2002 г. способ обогащения сахара-песка. Основным его отличием является то, что обогащение сахара-песка осуществляется в центробежном поле по завершении операции его промывания и снижении числа оборотов ротора центрифуги в период торможения до 300... 200 мин". В качестве пищевых добавок используют йодказеин, селен,  $\beta$ -каротин, гидролизованную молочную сыворотку с лактатами. При этом их предварительно растворяют в воде и на этой основе готовят сахаросодержащий раствор, концентрацией 10... 30% сухих веществ. Для обогащения сахара-песка пищевыми добавками полученный раствор распыляют по всей высоте ротора над поверхностью промытых кристаллов сахара через форсунки под давлением 0,3... 0,5 МПа в количестве 0,3... 0,5% к его массе. После внесения в слой сахара пищевых или других добавок процесс центрифугирования завершают выгрузкой обогатщенного сахара из ротора на трясун и транспортировкой его в сушильное отделение для высушивания до требуемой влажности.

Так при использовании этой технологии в свеклосахарном производстве из сахарной свеклы вначале получают диффузионный сок. Затем его подвергают известково-углекислотной очистке, выпаривают до концентрации сиропа 60...65% СВ, фильтруют и уваривают в вакуум-аппарате в утфель до 92...92,5% СВ с содержанием кристаллов не менее 50%. Готовый утфель выгружают в приемную утфелемешалку и центрифугируют в автоматизированных центрифугах периодического действия типа ФПН при 980 мин<sup>-1</sup> оборотах до полного отделения межкристального раствора (первого оттека), а затем кристаллы сахара промывают горячей водой температурой 80...85°C с отделением второго оттека. После завершения промывки кристаллов в период торможения

ротора центрифуги и достижения им 300...200 мин<sup>-1</sup> оборотов на слой сахара распыляют сахаросодержащий раствор концентрацией 10...30% СВ, содержащий йодказеин, при температуре 40 °С. С этой целью его предварительно готовят, растворяя в нем йодказеин из расчета 1000 мкг/кг сахара и доводя введением сахара до 10...30% СВ. При этом расход сахаросодержащего раствора в процессе распыления на слой сахара составляет 0,3...0,5% к массе сахара. По завершении данной операции сахар содержит 1000 мкг йодказеина на 1 кг своей массы, его выгружают из центрифуги и направляют на сушку до требуемой влажности в сушильное отделение.

В том случае, если используют не одну пищевую добавку, а их смесь, то их последовательно растворяют в воде из расчета 1000 мг йодказеина, 700 мкг селена, 100 мкг β-каротина, 10 г гидролизованной молочной сыворотки с лактатами на 1 кг сахара и доводят раствор введением сахара до 10...30% СВ. При этом расход сахаросодержащего раствора в процессе его распыления  слой сахара в роторе центрифуги составляет 0,3...0,5% к массе сахара. По завершении данной операции сахар содержит на 1 кг своей массы 1000 мкг йодказеина, 700 мкг мелена, 100 мкг β-каротина, 10 г гидролизованной молочной сыворотки с лактатами, его выгружают из центрифуги и направляют на сушку.

Предлагаемый способ не исключает одновременное введение в сахар всех пищевых добавок, как и их различное сочетание между собой в процессе обогащения, а также их использование в смеси с другими биологически активными компонентами, макро- и микронутриентами.

Обогащение сахара данным способом позволяет не только повысить его физиологическую ценность, но и придает ему новые свойства лечебнопрофилактического назначения, а также расширяет ассортимент продукта. Использование такого сахара в качестве сырья при производстве на его основе других пищевых или лечебных продуктов значительно улучшает их качество и расширяет их назначение.

Кроме этого был разработан способ получения сахарного сиропа, обогащенного биологически активными веществами, макро- и микро-

нутриентами. Основным техническим результатом – данного изобретения (заявка на патент РФ № 2004110202 от 08.04.2004 г.) является получение сиропов более широкого диапазона по содержанию сахарозы и физиологической ценности, а также с приданием им лечебно-профилактических свойств.

В общем виде способ реализуют следующим образом. Сначала исходный сахар-песок растворяют в горячей воде до содержания сахарозы в готовом продукте 65...80% масс. от содержания сухих веществ. Нагревают полученный раствор до требуемой температуры в диапазоне 40... 105 °С (в зависимости от вида добавки). После этого в него вводят пищевые добавки или макро- и микронутриенты и подают в кавитатор со скоростью 10... 15 м/с. Кавитационную обработку сиропа осуществляют в суперкавитирующем аппарате с неподвижно укрепленной внутри его цилиндрической части СК-крыльчатки.

Подаваемый для кавитационной обработки сахарный сироп сначала поступает в расширенную часть (конфузор) суперкавитационного статического аппарата, а из нее в более узкую его цилиндрическую часть с установленной в середине ее СК-крыльчаткой. При обтекании лопастей -крыльчатки поток сиропа закручивается, и за ее лопастями образуются суперкаверны с одновременным формированием схлопывающихся кавитационных пузырьков. В этих условиях резко возрастает скорость смешивания сиропа с добавками и достигается их равномерное распределение по всему его объему. Причем, в случае присутствия в сиропе мельчайших кристалликов сахарозы, происходит их полное растворение. На выходе из цилиндрической части аппарата сироп попадает в  расширенную часть (диффузор), где давление в сиропе существенно падает, и создаются условия для стабилизации полученной смеси сиропа с добавками. Кроме того, за счет конденсирования пузырьков пара исчезают возможные флуктуационные образования центров кристаллизации сахара в высококонцентрированном растворе.

Описанный эффект может быть достигнут, например, при использовании аппаратов типа Ш-1-ПАИ, разработанных НПО «Сахар».

В качестве добавок по данному способу используют гидролизованную молочную сыворотку, обогащенную – лактатами, женьшеневый сироп, йодказеин, водные и спиртовые экстракты биологически активных растений (азалии манжурской, женьшеня, сельдерея и др.) и органов животных, а также  $\beta$ -каротин, селен, алюминий, кобальт, йод ит.д.

Их выбор и количество зависит от назначения получаемых сиропов. Пищевые добавки, макро- и микронутриенты перед введением в сахарный сироп предварительно растворяют в малых объемах воды с последующим фильтрованием. Это позволяет удалить из готового сиропа нерастворимые частицы, способные вызвать в высококонцентрированных сиропах или продуктах на их основе перекристаллизацию сахарозы.

Помимо этих разработок совместными усилиями ученых кафедры технологии сахара и сахаристых веществ МГУПП и Всероссийского НИИ крахмалопродуктов в 2004 году разработана и запатентована технология получения гранулированного сахара, обогащенного макро- и микроэлементами, витаминами или биологически активными веществами.

Схема получения обогащенного гранулированного сахара по данной технологии показана на рис. 14. Предложены два способа введения этих добавок в гранулированный сахар.

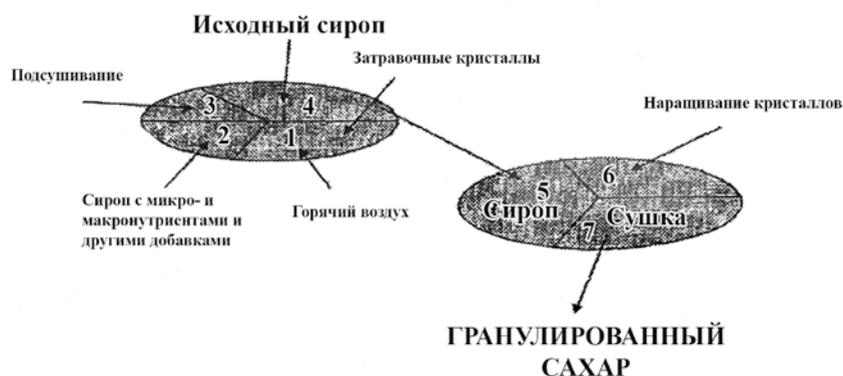


Рис. 14. Схема получения гранулированного обогащенного сахара

Первый способ предусматривает их внесение в виде раствора непосредственно в сироп перед гранулированием, второй – нанесение раствора сахара с добавками на поверхность гранулированного сахара.

К преимуществам первого способа можно отнести равномерное распределение вносимого вещества по всему объему гранул сахара, использование одного вида оборудования, предназначенного для гранулирования и обогащения добавками. Недостатком этого способа является повышенный температурный режим, что исключает обогащение сахара термолабильными веществами (например, витаминными препаратами). Кроме того, при внесении добавок необходимо учитывать чистоту используемых сиропов. Так, в сироп с чистотой 98% можно внести до 10% добавок в пересчете на сухие вещества, а в сироп с чистотой 90% - не более 2%.

К преимуществам второго способа можно отнести возможность его осуществления в регулируемом температурном режиме в зависимости от нативных свойств вводимых в гранулированный сахар пищевых добавок. Причем их количество может составлять до 5% сухих веществ добавок к массе гранулированного сахара. В качестве добавок, помимо выше рассмотренных, могут быть использованы концентрированные плодово-ягодные соки, витаминные препараты и другие компоненты.

На основе результатов, проведенных в этом направлении, был разработан новый способ обогащения гранулированного сахара в процессе производства различными пищевыми добавками, макро- и микронутриентами (Решение о выдаче патента РФ № 2003137103 от 25.12.2003 г.).

Его отличием от ранее известной технологии является то, что размер вводимых затравочных кристаллов составляет 0,3...2,0 мм. При этом подачу сахаросодержащего раствора для гранулирования сахара ведут в две стадии. В ходе первой стадии на поверхность затравочных кристаллов наносят слой раствора, содержащего пищевые добавки и макро- и микронутриенты до достижения размера гранул 2,5...3,5 мм. На второй стадии, после подсушивания гранул до влажности 4...8% го-

рячим воздухом, на них вновь наносят сахаросодержащий раствор, но уже без пищевых добавок или макро- и микронутриентов и наращивают до 4,0...6,0 мм. Помимо этого данный способ предполагает получение из обогащенных гранул кускового сахара путем их прессования. В качестве добавок к сахару могут быть использованы экстракты, соки, порошки из растительного сырья, витамины и др. В качестве растительного сырья для добавок могут использоваться лекарственные или пряно-ароматические растения, овощи или фрукты.

Получаемые по данному способу гранулы имеют более однородный состав и прочность и лучше сохраняют нативные свойства содержащихся в них добавок. Это обусловлено тем, что внутренняя часть гранул защищена от внешнего воздействия наружным слоем закристаллизовавшегося сахаросодержащего раствора.

Перспективным направлением в технологии обогащения гранулированного сахара различными добавками может быть комбинирование различных способов его производства. При этом можно использовать гранулы сахара как основу для производства продукции типа «драже», обогащенной различными пищевыми и другими добавками.

Для проведения процессов обогащения гранулированного сахара различными добавками разработаны следующие варианты технологического режима.

1. Температура сахарного сиропа перед гранулированием, °С	85...90	
	На входе	На выходе
2. Температура воздуха в грануляторе, °С	110... 120	60...80
3. Температура воздуха в смесителе, °С	80...85	40...50
4. Концентрация сухих веществ сахаросодержащего раствора перед гранулированием, %		80...85
5. Удельный расход воздуха на 1 кг гранулированного сахара, кг/кг		16...18

Области применения получаемого по данной технологии готового продукта:

- потребительская торговля,
- кондитерская промышленность;
- хлебопекарная промышленность;
- пищеконцентратная промышленность;
- продукты лечебно-профилактического назначения.

В качестве сырья может быть использован сироп повышенной цветности (из которого невозможно получить стандартный сахар-песок). Технология гранулирования может сократить сезонность производства при переработке сахарной свеклы и сахара-сырца. Кроме этого, выработка гранулированного сахара может быть освоена на малых предприятиях непосредственно из сиропа.

## 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

№	Термин	Определение
1	ICUMSA	Международная комиссия по разработке методов анализа сахара
2	Адсорбер	Аппарат, в котором происходит адсорбция красящих веществ и других нес сахаров из раствора на поверхность различных – адсорбентов, применяемых в свеклосахарном и сахарорафинадном производстве
3	Адсорбционная очистка сока (сиропа)	Обработка сока (сиропа) адсорбентами с целью удаления растворенных нес сахаров, преимущественно красящих веществ
4	Активное вентилирование сахарной свеклы	Подача воздуха в кагаты с помощью механических устройств (вентиляторов, воздухопроводов) с целью создания возможно близких и оптимальных условий хранения сахарной свеклы (температуры и влажности)
5	Аффинационный утфель	Смесь аффинируемого сахара с аффинирующим оттеком
6	Аффинация сахара	Технологическая операция по повышению качества желтого сахара и сахара-сырца путем удаления (смыывания) – значительной части нес сахаров с поверхности кристаллов при смешивании этого сахара с оттеком более высокой чистоты
7	Аффинирующий оттек	Оттек, добавляемый к аффинируемому сахару для осуществления аффинации
8	Багасса	Обессахаренная масса сахарного тростника
9	Багацилло	Мелкие частицы стеблей сахарного тростника
10	Баланс сахарозы	Сопоставление количества сахарозы, введенной с переработанным сырьем, с количеством сахарозы в выработанном сахаре, потерями в производстве, в мелассе (рафинадной патоке) и в продуктах незавершенного производства

11	Бестарное хранение сахара	Хранение сахара в специальных сооружениях (складах силосного или ангарного типа)
12	Биологическая спелость сахарной свеклы	Спелость сахарной свеклы первого года вегетации, характеризующаяся – затуханием жизненных процессов растения, наблюдаемым к концу вегетационного периода
13	Брикетирование или гранулирование жома	Процесс прессования рассыпчатого сушеного жома в брикеты или гранулы
14	Брикетированный или гранулированный жом	Сушеный жом, спрессованный в брикеты или гранулы определенной формы
15	Бурачная	Сооружение (в виде закрома) для кратковременного складирования свеклы, применяемое с целью создания некоторого запаса ее для бесперебойной работы завода
16	Вакуум-аппарат	Аппарат для уваривания утфелей под вакуумом (разрежением)
17	Верстат завода	Масса сахарозы, содержащейся в промежуточных продуктах производства (соках, сиропе, утфелях, оттеках, желтых сахарах), заполняющая собой заводскую аппаратуру, трубопроводы и сборники
18	Влажность сахара	Массовая доля влаги в продукте сахарной промышленности, выраженная в процентах
19	Второй (белый) оттек	Последние порции межкристалльного раствора, отходящие из центрифуг при промывании в них сахара утфеля I кристаллизации
20	Выпарная установка	Несколько соединенных между собой выпарных аппаратов (корпусов) для сгущения сока путем выпаривания из него воды, с многократным использованием тепла

21	Выход сахара	Количество сахарозы, выработанной из сырья, в процентах к его массе
22	Гашение извести	Обработка извести водой и фильтрационными промоями с целью превращения оксида кальция в гидроксид кальция
23	Гигроскопичность	Способность материалов или веществ поглощать влагу из окружающей среды (обычно пары воды из воздуха)
24	Гидравлический транспортер	Желоб, имеющий небольшой уклон, по которому свекла сплавляется потоком воды
25	Головка корнеплода сахарной свеклы	Верхняя часть корнеплода сахарной свеклы стеблевого происхождения, несущая листья
26	Гранулометрический состав сахара	Соотношение кристаллов сахара различной величины в продукте сахарной промышленности, выражается через средний размер (мм) и коэффициент неоднородности кристаллов (%)
27	Дефекация	Процесс обработки диффузионного сока известью (известковым молоком)
28	Дефекованный сок	Диффузионный сок, обработанный известью в дефекаторе
29	Дигестия	Метод поляриметрического определения массовой доли сахарозы в свекле путем обессахаривания свекловичной каши жидкостью (водой или спиртом)
30	Диффузионная установка	Диффузионный аппарат в комплекте со вспомогательными устройствами, предназначенный для извлечения сахара из свекловичной стружки
31	Диффузионный аппарат	Аппарат непрерывного действия для извлечения сахара из свекловичной стружки
32	Диффузионный сок	Сок, извлеченный из свекловичной стружки диффузионным методом

33	Диффузия	Движение частиц среды, приводящее к переносу вещества и выравниванию концентраций или к установлению равновесного распределения концентраций частиц данного сорта в среде Диффузия сахарозы представляет собой ее перенос из клеток свекловичной ткани в экстрагент (воду), продолжающиеся до выравнивания ее концентрации в данном объеме. Диффузия вещества протекает в направлении убывающих концентраций, и на нее в основном оказывают влияние температура, площадь поверхности диффузии, градиент концентрации на граничном слое, продолжительность и длина пути диффузии
34	Жидкий сахар	Готовый продукт (сироп), предназначенный для переработки на предприятиях пищевой промышленности к непосредственному потреблению
35	Жом (свекловичный жом)	Обессахаренная свекловичная стружка после диффузионной установки
36	Жомопрессованная вода	Вода, отделенная от жома в процессе его прессования
37	Заводка кристаллов	Процесс образования центров кристаллизации сахарозы в сиропе или оттеках, увариваемых в вакуум-аппаратах
38	Загрязненность свеклы	Содержание примесей (земли, песка, черешков, листьев, ростков, сорняков, соломы и др.) между и на корнеплодах свеклы, выраженное в процентах к ее массе
39	Затравка	Мелкокристаллическая масса или сахарная пудра, применяемая для заводки кристаллов сахарозы в вакуум-аппаратах
40	Зольность сахара	Массовая доля минеральных веществ в продукте сахарной промышленности, выраженная в процентах

41	Известково газовая печь	Шахтная или другого типа печь для обжига известняка с целью получения извести и сатурационного газа
42	Известковое молоко	Продукт гашения извести, представляющий собой водянную суспензию гидрата окиси кальция
43	Известняковый камень	Природный материал - горная порода осадочного происхождения, служащий для получения извести и сатурационного газа путем обжига в известково-газовых печах
44	Известь	Окись кальция с примесями, присущими известняку, полученная при обжиге известняка в печи
45	Изрезывание сахарной свеклы	Процесс изрезывания корнеплодов сахарной свекловичную стружку свеклы
46	Имбибиция	Ополаскивание измельченной тростниковой массы промывной водой для более полного ее обессахаривания
47	Инвертный сахар	Продукт инверсии сахарозы, содержащий равные количества глюкозы и фруктозы
48	Иониты (ионообменные смолы)	Синтетические органические иониты. Их можно рассматривать как адсорбенты, в которых к матрице органического полимера привиты ионообменивающие группы. Трехмерная пространственная структура ионитов обуславливает их устойчивость к химическим, термическим и механическим воздействиям. Иониты, имеющие кислотный характер (поверхность их заряжена отрицательно), обменно сорбируют из раствора только катионы с заменой любого из них на ион водорода или другой ион. Такие иониты называют катионитами. Другие иониты, имеющие основной характер (поверхность их заряжена положительно) и обменно адсорбирующие из раствора анионы, называют анионитами. Получают полимеризацией или поликонденсацией

		органических соединений, а также путем химических превращений готовых полимеров
49	Ионный обмен	Обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен ионами между твердым веществом (ионитом) и раствором электролита. Ионный обмен осуществляется с помощью природных или синтетических нерастворимых материалов, называемых ионитами или ионообменными смолами. Для очистки сахарных растворов используют синтетические иониты
50	ионообменный реактор	Аппарат, в котором происходит ионообменный процесс с целью удаления красящих веществ и других несахаров из сахарного раствора
51	Кагат	Насыпь корнеплодов свеклы правильной геометрической формы и определенных размеров
52	Кагатирование свеклы	Совокупность операций по укладке свеклы для хранения
53	Кагатное поле	Площадка, подготовленная для хранения свеклы.
54	Калорийность	Энергетическая ценность пищевых продуктов или рационов питания: количество энергии, аккумулированное в пищевых веществах; выражается в ккал/100 г
55	Качасса	Фильтрационный осадок тростниково-сахарного производства
56	Качество	Совокупность свойств и характеристик продукции или услуг, которые придают им способность удовлетворять обусловленные и предполагаемые потребности
57	Качество продукции	Совокупность свойств продукции, определяющих степень ее пригодности для использования по назначению согласно требованиям стандартов

58	Кислый жом	Жом, подвергнувшийся в жомохранилище под действием микроорганизмов закисанию с образованием органических кислот (молочной и др.)
59	Клеровка	Раствор сахара в очищенном соке или воде
60	Клерс	Продукт, получаемый из растворенного в воде сахара-песка повышенного качества, сухих отходов рафинадного производства и отбора из адсорберов рафинадной группы
61	Колочно-упаковочная машина	Агрегат для раскалывания брусков сахара-рафинада и упаковки его в пачки
62	Кондиционная сахарная свекла	Корнеплоды сахарной свеклы, соответствующие по качеству требованиям нормативно-технической документации
63	Кондуктометрическая зола	Зольность сахара, определяемая кондуктометрическим методом.
64	Коэффициент завода(коэффициент извлечения сахара)	Показатель, характеризующий выход сахара в процентах к массовой доле сахара, введенного в завод с сырьем. Для свеклосахарных заводов различают коэффициент завода по принятой свекле и коэффициент завода по переработанной свекле
65	Коэффициент использования производственной мощности	Отношение плановой (фактической) суточной производительности завода по сырью к его производственной мощности (в долях единицы или процентах)
66	Кристаллизация сахара	Процесс выделения сахарозы в виде кристаллов путем выпаривания воды или охлаждения кристаллизуемой массы
67	Линия производства фасованного сахара-рафинада	Автоматизированная поточная линия для прессования, сушки и упаковки сахара-рафинада в пачки

68	Межкристальный раствор	Жидкая фаза утфеля, заполняющая промежутки между кристаллами сахара (маточный раствор)
69	Мезга (пульпа)	Мелкие частицы свекловичной стружки, содержащиеся в диффузионном соке или жомопрессовой воде
70	Мезголовушка	Устройство для улавливания мелких частиц стружки из диффузионного сока или жомопрессовой воды
71	Меласса	Побочный продукт производства сахара-песка, представляющий собой межкристальный раствор последней кристаллизации
72	Мойка свеклы	Операция по отмыванию водой корнеплодов свеклы от земли и отделению других примесей
73	Моноклинная система	Система позволяющая оценить кристаллическую форму и симметрию кристаллов. Она определяется тремя осями с неравными отрезками, две из которых расположены под прямыми углами, а третья - наклонная
74	Некондиционная сахарная свекла	Корнеплоды сахарной свеклы, не соответствующие по качеству требованиям нормативно-технической документации
75	Несахар	Сухие вещества в продукте сахарной промышленности кроме сахарозы
76	Неучтенные потери сахара	Разность между общими потерями сахара в производстве и оучтенными, выраженная в процентах к массе переработанного сырья
77	Нормальная меласса	Меласса, являющаяся насыщенным сахарным раствором при нормальной вязкости
78	Обессахаривание фильтрационного осадка	Замещение сладкой жидкости, оставшейся в порах осадка, промывной жидкостью (водой или промоями)
79	Обесцвеченный сок	Сок (сироп), обработанный адсорбентом с целью снижения содержания красящих веществ

80	Обесцвечи ва- ющая способ- ность ионитов	Эффект поглощения красящих веществ из рас- твор, выраженный в процентах
81	Обжиг извест- няка	Процесс термической обработки известняка в печах при высокой температуре с целью разло- жения содержащегося в нем углекислого каль- ция на окись кальция и углекислый газ
82	Обменная ем- кость ионитов	Способность ионитов поглощать определенное количество ионов. Выражается числом эквива- лентов поглощаемого вещества единицей массы ионита в кг или объема в м <sup>3</sup> . Для синтетических ионитов она в среднем составляет 4-8 мг-экв/г
83	Обогащение сушеного жом	Добавление к сушеному жому веществ, повы- шающих его кормовое достоинство, например мелассы, карбамида (мочевины) и др.
84	Обогащенный жом	Жом, обогащенный добавками, повышающими его кормовые качества
85	Обогащенный сушеный жом	Сушеный жом, обогащенный добавками, напри- мер мелассы, мочевины и других веществ
86	Общие поте- рисахара в производстве	Разность между количеством сахарозы, введен- ной в производство, и количеством ее в готовых продуктах, продуктах незавершенного произ- водства и в мелассе, выраженная в процентах к массе переработанного сырья. Примечание: в сахарорафинадном производстве – к массе введенной сахарозы
87	Отбор диффу- зионного сока	Количество сока, отбираемого из диффузионной установки, выраженное в процентах к массе переработанной свеклы
88	Оттек	Межкристальный раствор, отходящий при цен- трифугировании утфеля
89	Очистка диф- фузионного сока	Совокупность технологических операций, выполняемых с целью удаления несахаров и повышения качества сока

90	Очищенный сок	Сок, прошедший все стадии очистки (дефека- цию, сатурацию, сульфитацию и фильтрование), перед поступлением на сгущение
91	Ошпаривание стружки	Тепловая обработка стружки для денатурации протоплазмы клеток свекловичной ткани
92	Партия сахар- ной свеклы	Количество корнеплодов сахарной свеклы, удо- стоверенное одним документом
93	Первый (зеле- ный) оттек	Первые порции межкристального раствора, (отходящие при центрифугировании утфеля кристаллизации
94	Подогреватель сока	Теплообменный аппарат для нагревания сока (воды, сиропа)
95	Показатель качества про- дукции	Количественная характеристика свойств продук- ции, входящих в состав его качества
96	Поляриметрия	Метод определения массовой доли сахарозы в продуктах сахарного производства, основанный на вращении плоскости поляризации
97	Преддефека- ция	Процесс предварительной обработки диффузи- онного сока небольшим количеством извести и возвращаемым нефилтрованным соком I сату- рации или сгущенной суспензией сока I сатура- ции
98	Прессованный жом	Жом после отжатия в прессах
99	Прессово сушильный агрегат	Устройство для прессования и сушки брусков сахара-рафинада
100	Прогрессив- ная преддефе- кация	Процесс обработки диффузионного сока для постепенного повышения значения рН путем добавления части нефилтрованного сока I сатурации, дефекованного сока или сгущенно- го осадка сатурационного сока и известкового молока в последнюю зону преддефекатора

101	Продолжительность производства	Период (в сутках) от момента начала изрезывания свеклы до момента окончания центрифугирования утфеля последней кристаллизации
102	Производительность завода плановая	Количество сырья, которое завод должен по плану переработать в сутки с учетом практических условий его работы в данном году
103	Промой	Раствор, образующийся при обессахаривании отфильтрованного осадка или адсорбента путем промывания его водой. Различают густой промой, отбираемый в начале промывки, и жидкий промой, отбираемый в конце промывки
104	Рандеман	Расчетный выход кристаллической сахарозы из сырья в результате полной переработки его, выраженный в процентах к его массе
105	Рафинадная кашка	Смесь кристаллов сахара и клерса влажностью до 3%, направляемая на прессование кускового рафинада
106	Рафинадная патока (меласса)	Побочный продукт сахарорафинадного производства, представляющий собой межкристальный раствор последней кристаллизации
107	Рафинадный пресс	Устройство для прессования рафинадной кашки
108	Редуцирующие вещества	Вещества, способные восстанавливать в щелочной среде окись меди в закись в продукте сахарной промышленности
109	Рефлексия	Величина интенсивности отраженного от поверхности кристаллов света, сопоставленная с величиной отражения заводского стандартного эталона (сахара-песка). Ее измеряют с помощью фотоэлектрических приборов. В качестве эталонов к ним прилагают пластинки (сернобариевые, из окиси магния, молочного стекла). Процент рефлексии может быть пересчитан в единицы цветности

110	pH	Показатель концентрации ионов водорода (водородный показатель). Показатель реакции среды (ее кислотности или щелочности)
111	Сатурационный газ	Газ, содержащий CO <sub>2</sub> , охлажденный и очищенный в газопромывателе, используемый для сатурации сока
112	Сатурационный сок	Сок (сироп), обработанный сатурационным газом. Различают сок I и II сатурации, нефильТРованный (до отделения осадка) и фильТРованный (после отделения осадка)
113	Сатурация	Процесс обработки дефекованного сока сатурационным газом, осуществляемый в несколько приемов (I и II сатурации)
114	Сахар	Пищевой продукт, получаемый главным образом из сахарной свеклы и сахарного тростника. Выпускается в виде сахара-песка и сахара-рафинада
115	Сахар II кристаллизации	Сахар, полученный в результате центрифугирования утфеля II кристаллизации (желтый сахар)
116	Сахар III кристаллизации	Сахар, полученный в результате центрифугирования утфеля III кристаллизации (желтый сахар)
117	Сахар продуктовой кристаллизации	Сахар, полученный в результате центрифугирования утфеля – соответствующей продуктовой кристаллизации
118	Сахар-аффинад (аффинад)	Сахар, полученный из аффинационного утфеля
119	Сахаристость	Содержание сахарозы в продукте сахарной промышленности, выраженное в процентах массы продукта
120	Сахаристость	Массовая доля сахарозы в свекле или в свекловичной стружке, выраженная в процентах
121	Сахарная пудра	Измельченные кристаллы сахара размером не более 0,1 мм

122	Сахарное производство	Получение сахара-песка и сахара-рафинада из сырья (сахарной свеклы, сахара-песка и сахара-сырца)
123	Сахар-песок	Пищевой продукт в виде отдельных кристаллов, состоящий в основном из сахарозы
124	Сахар-рафинад	Пищевой продукт, состоящий в основном из сахарозы более высокой чистоты, чем сахар-песок.
125	Сахар-рафинад	Пищевой продукт, представляющий собой дополнительно очищенный сахар в виде отдельных кусочков (кусковой рафинад) или отдельных кристаллов (рафинированный сахар-песок и рафинадная пудра)
126	Свекловичная кашка	Тонко измельченная свекла, применяемая для определения массовой доли сахарозы и сухих веществ
127	Свекловичная стружка	Пластинки сахарной свеклы – определенных размеров и формы, получаемые путем изрезывания корнеплодов свеклы в свеклорезке
128	Свекловичный сок	Водный раствор сахарозы и – несхаров, находящийся в клетках сахарной свеклы
129	Свекловичный хвостик	Нижняя часть свекловичного корнеплода диаметром менее 10 мм
130	Свекловодяная смесь	Корнеплоды сахарной свеклы и вода в потоке, текущем по гидравлическому транспортеру
131	Свекломойка	Устройство для отмывания земли с поверхности свекловичных корнеплодов, а также контрольного улавливания легких и тяжелых примесей
132	Свеклоприемный пункт	Пункт по заготовке фабричной сахарной свеклы, то есть предназначенной для промышленной переработки
133	Свеклорезка	Машина для изрезывания сахарной свеклы в стружку
134	Сгущение сока выпариванием	Получение сиропа из очищенного сока выпариванием из него воды в выпарной установке

135	Сернистый газ	Газ, содержащий SO <sub>2</sub> , получаемый при сжигании серы в печи и используемый для сульфитации сока, сиропа и воды
136	Силос (силосный склад), (склад силосного типа)	Вертикальная цилиндрическая емкость вместимостью более 10 тыс. т для бестарного хранения сахара-песка. Изготавливается из напряженного железобетона или листовой стали
137	Сироп	Продукт, получаемый в результате выпаривания воды из очищенного сока в выпарной установке
138	Соковой поток	Сок, движущийся в технологической аппаратуре и трубопроводах в определенном направлении (не по замкнутому контуру)
139	Сокодобывание	Процесс извлечения сока из свекловичной стружки
140	Сокостружечная смесь	Смесь свекловичной стружки и диффузионного сока
141	Сульфитация сока (сиропа, воды)	Процесс обработки сока (сиропа, воды) сернистым газом или сернистой кислотой
142	Сульфитированный сок (сироп)	Сок (сироп), обработанный сернистым газом
143	Сухие вещества	Безводная часть продукта сахарной промышленности, выраженная в процентах массы продукта
144	Сушеный (сухой) жом	Высушенный жом с остаточным содержанием влаги не более 12-14%
145	Техническая спелость сахарной свеклы	Спелость сахарной свеклы, характеризующаяся достижением максимальной массы корнеплода и содержанием в нем сахара при минимальном среднесуточном приросте массы и сахаристости корнеплода

146	Технологическая операция	Механическое воздействие на обрабатываемый продукт, не приводящее к изменению его физико-химических свойств (мойка свеклы, упаковка сахара и др.)
147	Технологическая схема	Графическое представление о последовательном ходе технологических процессов и операций с использованием аппаратов и машин
148	Технологический процесс	Переработка сырья, полуфабрикатов в предметы потребления, характеризующиеся качественным изменением сырья
149	Технологический режим	Определенное сочетание основных параметров технологического процесса (температура, рН, давление, продолжительность процесса), влияющих на его скорость, качество и выход продукта
150	Товарный сахар	Сахар, вырабатываемый для продажи
151	Транспортно-моечная вода	Смесь загрязненных вод из гидротранспортера и свекломойки
152	Тростниковый сахар-сырец	Продукт переработки сока стеблей сахарного тростника, являющийся сырьем для производства сахара-песка и сахара-рафинада
153	Уваривание утфеля	Процесс сгущения сиропа (оттеков) до пересыщения, заводка и наращивание кристаллов
154	Уровень качества продукции	Количественное выражение степени соответствия продукции по ряду показателей качества в зависимости от целей ее назначения
155	Условная меласса	Меласса, массовая доля сухих веществ которой пересчитана на 85% при неизменной чистоте (доброкачественности)
156	Утфелераспределитель	Устройство для распределения утфеля по центрифугам

157	Утфель	Масса, состоящая из кристаллов сахарозы и межкристалльного раствора, образующаяся при уваривании сиропа и оттеков в вакуум-аппаратах
158	Утфель I кристаллизации	Утфель, образующийся в результате сгущения сиропа с клеровкой и предназначенный для получения сахара-песка при работе по схеме в несколько кристаллизаций
159	Утфель II кристаллизации	Утфель, образующийся в результате уваривания оттеков утфеля I кристаллизации
160	Утфель III кристаллизации	Утфель, образующийся при уваривании оттеков утфеля II и аффинационного оттека
161	Утфель продуктовой кристаллизации	Утфель, из которого получают сахар соответствующей продуктовой кристаллизации
162	Утфель рафинадной кристаллизации	Утфель, из которого получают сахар-рафинад
163	Учетные потери сахара	Количество сахарозы, содержащейся в отходах из диффузии и в фильтрационном осадке или в промоях адсорберов, выраженное в процентах к массе переработанного сырья. Примечание: в сахарорафинадном производстве – к массе введенной сахарозы
164	Ферропримеси	Ферромагнитные частицы в продукте сахарной промышленности, выраженные в процентах
165	Фильтр для сока (сиропа)	Аппарат для отделения твердой фазы сока (сиропа)
166	Фильтрационный осадок (дефекат)	Совокупность твердых частиц с заполняющей их поры и пространство между ними жидкостью, полученная в процессе разделения соковой (сиропной) суспензии на фильтрах

167	Фильтрация сока	Процесс разделения жидкой неоднородной системы (в сахарном производстве – соков, сиропов и др.) в фильтрах
168	Хвостикоулавливатель	Устройство для улавливания свекловичных хвостиков и обломков свеклы из транспортно-моечной воды
169	Хранение сахарной свеклы	Совокупность технологических и хозяйственно-производственных операций, направленных на создание и поддержание оптимального режима хранения с целью наиболее полного сохранения качества сахарной свеклы с момента ее уборки до переработки
170	Цветность сахара	Показатель, характеризующий степень окраски продукта сахарной промышленности, выражается в условных ед. и ед. оптической плотности (ICUMSA)
171	Центрифуга для утфеля	Машина, предназначенная для разделения кристаллов сахара и межкристалльного раствора в поле действия центробежных сил
172	Центрифугирование	Процесс разделения в роторе центрифуги неоднородных систем под действием центробежных сил
173	Чистота (доброкачественность) сахара	Массовая доля сахарозы в пересчете на сухое вещество в продукте сахарной промышленности, выраженная в процентах
174	Шейка корнеплода сахарной свеклы	Часть корнеплода сахарной свеклы, расположенная ниже головки, свободная от листьев и боковых корешков
175	Экстракция	Процесс извлечения одного или нескольких компонентов из сложного по составу сырья с помощью растворителя

176	Эффект кристаллизации	Разность между чистотой исходного продукта и чистотой межкристалльного раствора, образующегося при кристаллизации сахарозы в соответствующем продукте
177	Эффект обесцвечивания	Показатель уменьшения цветности очищенных сахарных растворов, выраженный в процентах к первоначальной цветности
178	Эффект очистки	Отношение количества несахаров, удаленных при очистке сока к количеству несахаров неочищенного сока, выраженное в процентах

## 10. ЛИТЕРАТУРА

- Сапронов А.Р., Жушман А.И., Лосева В.А. Общая технология сахара и сахаристых веществ. - 2-е изд. перераб. и доп. - М. Агропромиздат, 1990. - 397 с.
- Славянский А.А., Сапронов А.Р. Пути повышения качества продукции в сахарной промышленности. - М.: Агропромиздат, 1985. - 40 с.
- Иванов С.З., Лепешкин ИП. Очерки по истории техники отечественного сахарного производства. - М.: Пищепромиздат, 1955. - 307 с.
- Сапронов А.Р., Славянский А.А., Тужилкин В.И. Сахарный тростник и технология получения отжатого сока. - М.: МТИПП, 1987. - 47 с.
- Сапронов А.Р., Славянский А.А., Тужилкин В.И. Технология сахара из сахарного тростника. - М.: МТИПП, 1987.-100 с.
- Сапронов А.Р. Сахарное производство России. // Сахар. - 2002. - №2. -С.58-61.
- Славянский А.А., Штерман С.В., Скобельская З.Г. Сахар-песок как сырье для производства карамели. // Кондитерское производство. -2001. - №1. - С.14-16.
- Славянский А.А., Тужилкин В.И. Качество сахара-песка и его оценка. - М.: ЦНИИТЭИпищепром (Обзор), 1975. - 28 с.
- Сарофанова Л.А., Кострова ИЕ. Применение пищевых добавок. - СПб.: ГИОРД, 1997.-48 с.
- Производство сахара. Термины и определения. ОСТ 18-398-82. - Киев: ВНИИСИ, 1983. - 70 с.
- Продукты сахарной промышленности. Термины и определения. ГОСТ 26884-86 (СТ СЭВ 5223-85). - Издательство стандартов, 1986. - 8 с.

12. Свекла сахарная. Термины и определения. ГОСТ 20578-75. - Издательство стандартов, 1975. - 5 с.
13. Сахарный комплекс России в 2002 году. // Сахар. - 2003. - №1. - С. 6-9.
14. Технология обогащения сахара макро- и микронутриентами. / А.М. Гаврилов, А.А.Славянский. С.А. Петрухин. Е.В.Супрунчик - Сб. науч. работ: Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов (Выпуск 4). - Кемерово: КемТИПП, 2002. - С.107-108.
15. Славянский А.А., Сапронов А.Р. Пути повышения качества и выхода сахара-песка. // Международный сельскохозяйственный журнал. - 1988. - №6. - С.75-80.
16. Егорова М.И., Чугунова Л.С., Иванова Л.В. Продукты профилактического назначения на основе сахара. // Сахар. - 1999. - № 5-6. - С.24-25.
17. Обогащенный сахар. // Сахар. - 2002. - №4. - С.53.
18. Влызько Л.И., Клейман М.Б., Северин В.М. Об оптимальной мощности сахарных заводов. // Сахарная промышленность. - 1995. - №1. - С.2-5.
19. Клейман М.Б. Утилизация фильтрационного осадка: проблемы и возможности. // Сахарная промышленность. - 1995. - №4. - С.13-17.
20. Головняк Ю.Д., Белостоцкий Л.Г., Мишук Р.К. Влияние технологических качеств сахара-сырца на выход готового продукта. - М.:ЦНИИТЭИПП (Обзор), 1982. - 24 с.
21. Пути улучшения качества сахара-песка. / И.Ф. Бугаенко, А.Б. Мальцев, Ю.И. Казаков и др. - М.: АгроНИИТЭИПИ, 1989. 25 с.
22. Принципы технологии сахара. Пер. с англ. Под редакцией Г.С.Бенина. - М.: Пищевая промышленность, 1965. - 515 с.
23. Инструкция по ведению технологических процессов приемки, хранения и переработки сахара-сырца на свеклосахарных заводах. - М.: ВНИИСП, 1994. - 75 с.
24. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. - Киев: ВНИИСП, 1983. - 476
25. Инструкция по хранению, транспортированию и приемке мелассы на предприятиях Министерства пищевой промышленности СССР. - М.: Главсахар МПП СССР, 1975. - 28 с.
26. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства. - М.: ВНИИСП, 1985. - 372 с.
27. Инструкция по ведению технологического процесса сахарорафинадного производства, - М.: ВНИИСП, 1984. - 309 с.
28. Инструкция по эксплуатации силосных складов бестарного хранения

сахара-песка. - Киев: ВНИИСП, 1978. - 126 с.

29. Инструкция по нормированию потерь сахара в сахарорафинадном производстве. - Киев: ВНИИСП, 1984. - 16 с.
30. Методические рекомендации по нормированию предельных потерь сахара при приемке, внутрискладской транспортировке и бестарном хранении. - Киев: НТЦ "АГРОПИЩЕПРОМ" - ВНИИСП, 1991. - 7 с.
31. Чернявская А.И., Пустоход А.П., Иволга Н.С. Технохимический контроль сахара-песка и сахара-рафинада. - М.: Колос, 1995. - 232 с.
32. Шапран В.З. Автоматические линии и автоматы в сахарорафинадном производстве. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 232 с.
33. Гомоз В.В. Сахарный рынок России: взгляд со стороны трейдеров. // Сахар. - 2004. - №2. - С.10-12.
34. Сравнение производства сахара из сахарной свеклы и сахарного тростника. — Сахар и свекла. - 2004. - № 1.- С.8.
35. Влияние пищевых дистиллированных моноглицеридов на интенсификацию технологических процессов при получении сахара последней кристаллизации. / М.Б. Мойсеяк, А.А. Славянский, М.С. Жигалов и др. - Сб. докл. ТУ ежегод. межд. науч.-практ. конф. - Сахар-2004: «Повышение эффективности работы свеклосахарного комплекса». - М.: МГУПИ, 2004. - С. 108... 117.
36. Разработка технологии гранулированного сахара, обогащенного микроэлементами и витаминами. / А.А. Славянский, А.М. Гаврилов, Г.А. Вовк и др. - Сб. докл. [У ежегод. межд. науч.-практ. конф. - Сахар-2004: «Повышение эффективности работы свеклосахарного комплекса». - М.: МГУПИ, 2004. - С. 132... 135
37. Патент РФ № 2227809 С 13Е 1/02, 1/10 Способ получения сахара. А.А. Славянский, А.М. Гаврилов, И.С. Хабибулина и др. - Оpubл.27.04.2004.-Бюл. № 12.
38. Использование жома и фильтрационного осадка для производства пектина. / И.А. Крапивницкая, О.О. Дикая, А.П. Мотченко и др. // Сахарная промышленность. — 1996. - № 5.-С.21...22
39. К вопросу о тератогенном и эмбриотоксическом действии сыворотки молочной ферментированной СГОЛ-1-40. / А.Г. Соколова, А.Р. Линд, Р.М. Линд и др. // Токсический Вестник. - 1997. - № 4. - С. 14... 16.
40. Патент РФ № 2190021 С 13Е 11/100, 1/14 Способ получения сахарного сиропа. / С.В. Штерман, А.А. Славянский. - Оpubл. 27.09.2002. - Бюл. № 27.
41. Немчин АХ. Создание новых технологий на основе гидродинамической кавитации. // Сахарная промышленность. — 1987. - № 6.- С. 21...24

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. САХАР И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА .....	3
1.1. Химический состав и основные свойства сахара .....	3
1.2. Потребность в сахаре и подслащивающих веществах .....	7
1.3. Качество сахара и его оценка .....	12
1.4. Уровень требований к качеству сахара .....	14
2. ИЗ ИСТОРИИ О САХАРЕ И ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕ .....	18
2.1. Первые сведения о сахаре .....	18
2.2. Появление сахара в России и начало его производства .....	19
2.3. Первый свеклосахарный завод и его значение для развития сахарного производства в России .....	21
2.4. Современное состояние сахарной промышленности .....	25
3. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА .....	27
3.1. Анализ ситуации с сырьем в отечественной сахарной промышленности .....	27
3.2. Образование и накопление сахарозы в клетках растений .....	29
3.3. Химический состав сырья и требования к его качеству .....	32
3.4. Доставка сырья, условия его хранения и их влияние на качество и потери сахара .....	40
4. СТРУКТУРА САХАРНОГО ЗАВОДА .....	42
4.1. Общие представления о сахарном заводе .....	00
4.2. Основное технологическое оборудование и его компоновка .....	46
4.3. Ориентировочные технико-экономические показатели свеклосахарного производства .....	00
5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ИХ АНАЛИЗ .....	00
5.1. Технологическая схема производства свекловичного сахара .....	49
5.2. Технологическая схема производства сахара-сырца из сахарного тростника .....	00
5.3. Производство сахара-рафинада .....	00
5.4. Особенности технологии получения сахара-песка из тростникового сахара-сырца на свеклосахарных заводах .....	58
5.5. Применение ПАВ в сахарном производстве .....	62
6. ОТХОДЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	70
6.1. Свекловичный жом .....	70
6.2. Меласса .....	72
6.3. Фильтрационный осадок .....	75
7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ .....	78
7.1. Значение и роль технологического контроля при выработке сахара .....	78
7.2. Основные методы и анализы технохимического контроля сахарного производства .....	80
7.3. Потери сахара в производстве и их оценка .....	81
8. НОВЫЕ ВИДЫ САХАРА .....	90
8.1. Специальные сорта сахара и продукты на его основе .....	85
8.2. Продукты профилактического назначения .....	90
9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	103
10. ЛИТЕРАТУРА .....	116

Подписанно в печать 24.01.05  
Формат 30x42 1/8. Бумага типографическая №1. Печать офсетная.  
Печ. л. 5,6. Тираж 300 экз. Заказ №8.

125080, Москва, Волоколамское ш., 11  
Издательский комплекс МГУПП