

Мутность растворов белого сахара, причины ее образования и способы уменьшения

Л.И. Чернявская, доктор технических наук, профессор, заведующая отделом сырья, контроля и учета производства УкрНИИСП

Требования к показателям качества сахара

В странах Европейского экономического сообщества (ЕЭС) сегодня применяется комплексная обобщенная оценка качества сахара. Критерии качества, кроме показателей в **абсолютных единицах**, содержат **показатели в баллах**.

Сумму баллов определяют по трем основным определяющим показателям:

- **цветность сахара, определенная в растворе**, согласно официального метода ICUMSA GS 2/3-9, с дополнениями;
- **цветность сахара в кристаллическом виде**

пейского сообщества белые сахара делятся на 4 категории (Директива Комиссии ЕЭС №1280\71 и 793\72). Сахар, отнесенный к 1-3 категории, должен иметь такие основные свойства: безвредный для здоровья, сухой, свободной сыпучести, одинакового гранулометрического состава. Показатели качества этих сахаров приведены в **табл. 1-4**.

Сахар 4 категории – это тот, который не отнесен к 1-3 категории.

Стандартное качества сахара определяется условиями 2 категории (**согласно табл.1**).

Согласно Директивы BGBL 1, с. 502 от 8 марта

Таблица 1

Критерии сахара 1-3 категорий

Показатель	Категория		
	1	2	3
Общая сумма баллов	max 8	max 22	-
Цветность сахара, измеренная в растворе, баллов	max 3	max 6	-
Цветность сахара в кристаллическом виде, баллов	max 4	max 9	max 12
Содержание золы, баллов	max 6	max 15	-
Поляризация, °Z	min 99,7	min 99,7	min 99,7
Содержание влаги, %	max 0,06	max 0,06	max 0,06
Содержание инвертного сахара, %	max 0,04	max 0,04	max 0,04

по отношению к стандартным Брауншвейгским образцам сахара, определенная по официальному методу ICUMSA CS-2-11;

- **содержание кондуктометрической золы**, которое определяют по официальному методу ICUMSA CS-2/3-17.

На один балл приходится: при определении цветности в растворе – 7,5 единиц оптической плотности (единиц ICUMSA); при определении цветности в кристаллическом виде – 0,5 эталона; кондуктометрической золы – 0,0018%.

В рамках режима сахарного рынка стран Евро-

1976 года, сахар, который поступает от предприятий в торговую сеть, по показателям качества должен соответствовать следующим требованиям, изложенным в табл. 2 и 3.

Кроме того, содержание двуокиси серы в сахарах всех категорий не должно превышать 15 мг/кг.

В Великобритании содержание двуокиси серы в сахарах всех категорий не должно превышать 6 мг/кг.

Директивой предусмотрено определять:

- поляризацию методом ICUMSA GS 2/3-11994;
- содержание редуцирующих веществ методом

Таблица 2
Рафинированный сахар, рафинированный белый сахар или рафинад

Название показателя	Значение показателя
Поляризация, °Z	min 99,7
Содержание инвертного сахара, %	max 0,04
Содержание влаги, %	max 0,1
Общее количество баллов	max 8

Таблица 3
Сахар или белый сахар

Название показателя	Значение показателя
Поляризация, °Z	min 99,7
Содержание инвертного сахара, %	max 0,04
Содержание влаги, %	max 0,1
Общее количество баллов	max 12

Таблица 4
Полубелый сахар

Название показателя	Значение показателя
Поляризация, °Z	min 99,5
Содержание инвертного сахара, %	max 0,1
Содержание влаги, %	max 0,1

Таблица 5
Показатели качества сахара, вырабатываемого в Европейском Союзе и в странах СНГ

Показатели качества сахара	Сахар, который вырабатывают в странах Европейского экономического сообщества для потребления			Сахар, вырабатываемый в странах СНГ
	Категории сахара			
	1	2	3	
Содержание сахарозы по прямой поляризации, %	min 99,7	min 99,7	min 99,7	99,75
Влажность, %	max 0,06	max 0,06	max 0,06	max 0,14
Содержание инвертного сахара, %, не более	max 0,04	max 0,04	max 0,04	max 0,05
Содержание золы кондуктометрической, в % к массе сахара, не более	max 0,0108	max 0,027		max 0,04
в баллах, не более	6	15		22.2
Цветность				
в растворе, ед. ICUMSA, не более	22,5	45		104
в баллах, не более	3	6		13.9
в кристаллическом виде, по эталонам, не более	2	3,5	6	5-6
в баллах, не более	4	9	12	12
Общая сумма в баллах, не более (по требованию Директивы ЕС)	8	22	-	
Общая сумма в баллах при предельных значениях показателей	12	30		48.1

Найта и Аллена (метод ICUMSA GS 2/3-5, 2001 г;)
 - цветность сахара в растворе методом ICUMSA GS 2/3-9, GS 2/3-10, 2005 г;
 - цветность сахара в кристаллическом виде методом ICUMSA GS 2/3-11 1994 г. или методом ICUMSA GS 2/3-13, 1998 г;
 - влажность сахара методом ICUMSA GS 2/1/3-15, 2005 г; (методом высушивания);
 - содержание золы методом ICUMSA GS 2/3-17, 2002 г.

Сравнение показателей качества сахара, который производят в странах ЕЭС и в СНГ, приведено в табл. 5 [1-4].

Анализируя показатели качества сахара в табл. 5, необходимо отметить, что сахар, чтобы соответствовать определенной категории, не может иметь максимальные значения по всем определяющим показателям (цветность в растворе и в кристаллическом виде, содержание золы). По нашим расчетам, при учете максимальных значений сумма баллов для сахаров 1 и 2 категорий будет составлять соответственно 12 и 30. Однако в соответствие с требованиями, эти показатели, пересчитанные в баллы, не могут превышать их сумму, которая определена Директивой Совета ЕС 2001/111/ЕС – 8 и 22 балла.

По данным немецких информационных источников только 16,9% сахара используется населением непосредственно как продукт питания, остальное количество служит сырьем для дру-

Требования к белому сахару как сырью для производства карамели

№№ пп	Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателя
1	Цветность сахара-песка	ед. ICUMSA	Не более 104
2	Мутность раствора сахара-песка	ед. ICUMSA	Не более 20
3	Цветность сахара-песка после нагревания до 175°C в растворе (испытание на нагрев)	ед. ICUMSA	Не более 250
4	Содержание нерастворимых веществ	%	Не более 0,02
5	Содержание солей кальция	%	Не более 0,004

гих отраслей промышленности: кондитерской - 32,1%, для приготовления безалкогольных напитков длительного хранения - 21,7%, консервной - 5,8%, хлебопекарской - 3,2%, в других отраслях пищевой и фармацевтической промышленности (молочной, винодельческой, при производстве водки и ликероводочных изделий и др.) используется 20,3% сахара [6].

В связи с тем, что кондитерская отрасль, как и ряд других отраслей пищевой промышленности, не имеет своих Технических условий на сахар-песок как сырье для своего производства, в условия контрактов они вносят дополнительные требования к качеству белого сахара, поставляемого, например, для производства карамели, по следующим показателям (табл. 6).

По информации Всероссийского научно-исследовательского института пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности сахар используется при производстве безалкогольных напитков (за исключением минеральных вод), пива и различных видов винодельческой продукции [7]. В частности, при производстве пива сахар используют в некоторых случаях для брожения пивного сусла, в производстве безалкогольных напитков сахар занимает ведущее место, так как вместе со сладким вкусом, придает продукту полноту вкуса и экстрактивность. Сахар разрешено использовать при производстве игристых, плодовых (столовых и специальных), медовых, ароматизированных вин, крепких виноградных и плодовых напитков и коктейлей, коньяков, бренди и кальвадосов.

В последнее десятилетие появились напитки так называемого «направленного» действия. Это напитки для детского и геродиетического питания, для людей с ослабленной иммунной системой, для жителей регионов с неблагоприятной экологической обстановкой и пр. [7]. Многие производители в качестве источника углеводов используют также желтый сахар.

Для производства высококачественного шампанского можно использовать только сахар рафинированного достоинства. Причем сахар должен быть с минимальным количеством диоксида серы. Повышенное содержание диоксида серы может вызвать появление в шампанском тона сероводорода, от которого очень сложно избавиться.

При использовании для приготовления шампанского свекловичного сахара, необходимо обращать внимание на его качество и степень очистки. При недостаточной очистке в сахаре может быть алкалоид бетаина, (представляющий собой триметильную производную гликола), который отрицательно влияет на букет и вкус игристых вин [4].

Сахар используется для доведения кондиций готового вина по сахару. Сироп готовят на винома-териале путем растворения в нем сахарного песка. Поскольку готовые купажи плодовых вин практически сразу идут на розлив и не хранятся длительное время, на этом этапе важно, чтобы вносимый сахар не обладал посторонним запахом и вкусом, которые могут передаться готовому вину.

Согласно нормативной документации на коньяк, сахар вводят в купажи коньяков в виде сахарного сиропа, приготовленного из рафинированного сахара и горячей воды и используется для смягчения вкуса коньяка. Сахарный колер, приготовленный из сахара, добавляют в купажи коньяков для придания определенного цвета и усиления окраски. Доказано, что колер является источником летучих соединений, способных участвовать в формировании букета коньяка. Некачественный колер придает вкусу коньяка горечь и значительно снижает его стойкость к розливу [7].

В настоящее время часто происходит отбраковка коньяков по наличию в них осадка и посторонних включений, среди которых большую часть составляют осадки минерального характера, содержащие катионы кальция, магния, натрия и анионов, таких как сульфаты, фосфаты и хлориды. По исследованиям автора [7] было установле-

но, что осадки минерального происхождения являются следствием повышенного содержания кальция в белом сахаре. Содержание кальция в коньяках более 5-10 мг/л уже вызывает помутнение и появление осадка минерального характера [4].

Сахар является одним из основных ингредиентов для производства кремов, ликеров, наливок, пуншей, настоек, десертных напитков и водок [10]. Даже незначительные органолептические, микробиологические или физико-химические дефекты сахара вызывают существенные и необратимые изменения показателей в органолептике и стойкости ликероводочной продукции.

Поэтому критерии оценки качества сахара белого, поступающего на ликероводочный завод, должны быть связаны с оценкой тех показателей, которые могут привести к ухудшению качества готовой продукции.

К дефектам качества сахара можно отнести:

- Посторонний запах (мелассы, иногда нефти, химический), который может ухудшать или полностью изменять вкусо-ароматические характеристики напитка;
- Посторонние включения (хлопья, ворсинки, тонкий осадок и пр.)
- Мутность или опалесценция раствора сахара;
- Интенсивность окраски раствора сахара, которая влияет на изменение цвета готового напитка;
- Микробиологическая порча (изменение внешнего вида, выпадение осадка, изменение ор-

ганолептических показателей);

- Присутствие сернистых соединений и соединений кальция, магния, фосфатов.

Требования к качеству сахара белого для производства ликероводочной продукции [10], представлены в **табл. 7**.

Результаты испытаний сахара всех категорий представлены в **табл. 8**, из которой видно разницу между требованиями к сахару для ликероводочной продукции и фактически полученными данными. Установлено, что наивысшую прогнозируемую стойкость при хранении имеют водки и настойки, приготовленные с использованием сахара белого I категории, выпускаемого по ДСТУ 4623:2006 [6]. При применении сахара II и III категорий этого же стандарта [6] стойкость водок уменьшается соответственно в 1,5 и 2,7 раза, настоек – в 2 и 3 раза [10].

Необходимо учитывать, что некоторые из перечисленных дефектов требуют для своего развития определенного времени (от 1 до 60 суток), и напиток, который считался качественным в день розлива, может быть испорчен скрытыми дефектами сахара и в течение непродолжительного периода времени полностью потерять свою потребительскую ценность.

Именно поэтому входной контроль этого важного ингредиента предусматривает контроль качества сахара не только по показателям действующего стандарта на белый сахар, но и ряду дополнительным показателям, определение которых

Таблица 7

Требования к качеству сахара белого для производства ликероводочной продукции [10]

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Внешний вид		Белый, чистый без пятен и посторонних примесей
Запах и вкус		Сладкий. без посторонних запаха и привкуса, как в самом сахаре, так и в его водном растворе
Чистота раствора		Раствор сахара должен быть прозрачным, без нерастворимого осадка и других примесей
Массовая доля сахарозы,	%, не менее	99,7
Цветность в растворе	ед. ICUMSA	30
Зола	%, не более	0,015
Влажность	%, не более	0,05
Содержание взвешенных частиц	мг/кг, не более	2
Содержание SO ₂	мг/кг, не более	6,0
Содержание кальция	мг/кг, не более	1,5
Содержание калия	мг/кг, не более	10,0
Содержание сульфатов	мг/кг, не более	5,0
Содержание фосфатов	мг/кг, не более	5,0

Физико-химические показатели сахара белого разных категорий по [10]

№№ пп	Показатель и единица изме- рения	Сахар I категории		Сахар II категории		Сахар III категории	
		Требова- ния стандарта	Резуль- таты испытаний	Требова- ния стандарта	Резуль- таты испытаний	Требова- ния стандарта	Результаты испытаний
1	Массовая доля влаги, %	Не более 0,1	0,08	Не более 0,1	0,1	Не более 0,14	0,12
2	Цветность в растворе, ед. ICUMSA	Не более 45	42	Не более 60	56	Не более 104	102
3	Массовая доля ферроприме- сей, %	Не более 0,0003	0,0002	Не более 0,0003	0,00025	Не более 0,0003	0,00025
4	Массовая доля сахарозы, %	Не менее 99,7	99,8	Не менее 99,7	99,8	Не менее 99,61	99,7
	Содержание, мг/кг						
5	Магния	–	Менее 0,1	–	Менее 0,1	–	Менее 0,1
6	Натрия	–	3,5	–	2,0	–	3,0
7	Сульфатов	–	3,4	–	3,6	–	3,5
8	Силикатов	–	Менее 0,5	–	Менее 0,5	–	Менее 0,5
9	Нитратов	–	Менее 0,5	–	Менее 0,5	–	Менее 0,5
10	Фосфатов	–	4,5	–	8,0	–	14,5
11	Сернистых соединений	–	5,0	–	9,0	–	12,0

может гарантировать соответствующее качество готовой продукции или предупредить выпуск некачественной продукции.

Следует отметить, что у многих мировых потребителей сахара как сырья в пищевых отраслях, существуют внутренние стандарты, которые фиксируются в контрактах на поставляемую продукцию. Кроме цветности, оговариваются более жесткие требования к содержанию золы, кальция, фосфатов, сернистых соединений, крахмала, красящих и редуцирующих веществ, влажности, мутности, микробиологических показателей и тяжелых металлов [10].

Сахар, используемый для приготовления напитков длительного хранения, должен соответствовать требованиям [18], предъявляемым компаниями Кока-Кола и Пепси-Кола к этому продукту. Кроме физико-химических показателей, его проверяют на содержание флокулированных осадков – хлопьев. Хлопья в подкисленных растворах свекловичного сахара образуются в результате действия двух основных факторов: взаимодействия отрицательно и положительно заряженных компонентов с образованием микрочастиц коллоидной дисперсности и с последующей коагуляцией микрочастиц в хлопья.

Положительно заряженным компонентом мо-

жет быть белок или пептид с изоэлектрической точкой выше рН подкисленных растворов (2,5-3,0).

Компонентами с отрицательным зарядом может быть олеаноловая кислота, любой из сапонинов, содержащий глюкуроновую кислоту, или полисахарид с клеточных стенок свеклы, содержащий уроновую кислоту.

Приводим данные исследований немецких специалистов [2], подтверждающих эту теорию, которые выполнили анализ состава полисахаридов в стандарт-сиропах, белом сахаре и в хлопьях осадка, собранных при проведении флок-теста кислых безалкогольных напитков с белым сахаром (табл. 9). В дополнение к содержанию той же уроновой кислоты (т.е. пектина), полисахариды в стандарт-сиропах и белом сахаре состоят, главным образом, из арабана и галактана. Полисахариды, найденные в хлопьях осадка кислых безалкогольных напитков, имеют более или менее одинаковый состав, и имеют сходство с ворсистыми участками молекул пектина (рис. 2).

Сахар, используемый для приготовления напитков длительного хранения, должен соответствовать требованиям, предъявляемым компаниями Кока-Кола и Пепси-Кола к этому продукту.

По требованиям фирмы Кока-Кола мутность в растворе сахара должна отсутствовать, содержа-

Таблица 9

Показатели качества сахара, полученного из сахара-сырца и свеклы и используемого для производства напитков длительного хранения [18]

Показатель	Стандарт качества для тростникового сахара	Стандарт качества для свекловичного сахара
Цветность сахара в растворе, ед. ICUMSA, не более	60	35
Мутность, ед. ICUMSA, не более	70	20
Зола кондуктометрическая, % к массе, не более	0,035	0,015
Содержание сахарозы по прямой поляризации, %, не менее	99,7	99,7
Влажность, % к массе, не более	0,04	0,04
Нерастворимые примеси, мг/кг, не более	10	10
Образование флоккул при подкислении	нет	нет
Микробиологический тест на OFS AGAR	200 КОЕ/10 г СВ	200 КОЕ/10 г СВ
Вкус, запах, внешний вид	Без постороннего вкуса, запаха, без видимых загрязнений	Без постороннего вкуса, запаха, без видимых загрязнений

ние взвешенных частиц, определенных методом фильтрования раствора сахара, должна быть не более 2 мг/кг.

Компания Пепси Кола использует в своем производстве сахар, который имеет наличие мутности менее 70 ед. ICUMSA, измеренной при длине волны 420 нм или менее 45 ед. ICUMSA, измеренной при длине волны 720 нм; содержание посторонних включений – не более 20 мг/кг.

Предприятия, вырабатывающие напитки длительного хранения, а также напитки с добавлением сокодерживающих компонентов, руководствуются следующими критериями для оценки сахаров, имеющих различное происхождение (из свеклы или выработанный при переработке сахара-сырца): мутность раствора сахара, выработанного из свеклы, не должна превышать 20 ед. ICUMSA, из тростникового сахара-сырца – 70 ед. ICUMSA, содержание нерастворимых примесей в этих сахарах – не более 10 мг/кг.

Сахар-песок для производства прозрачных напитков и кондитерских изделий проверяют на содержание флоккулированных осадков – хлопьев. Хлопья в подкисленных растворах свекловичного сахара образуются в основном в результате действия двух факторов - взаимодействия отрицательно и положительно заряженных компонентов с образованием микрочастиц коллоидной дисперсности и последующей коагуляции микрочастиц в хлопья.

Компонентами с отрицательным зарядом может быть олеаноловая кислота, любой из сапони-

нов, содержащий глюкуроновую кислоту, или полисахарид с клеточных стенок свеклы, содержащий уроновую кислоту.

Положительно заряженным компонентом может быть белок или пептид с изоэлектрической точкой выше pH подкисленных растворов (2,5-3,0).

Проведенные А.В. Силаевым [6] исследования показали, что существует четкая корреляционная зависимость между показателями цветность, мутность и зольность сахара и его сенсорными характеристиками, отрицательно влияющими на органолептику готовых напитков. Данные исследования проводились на прозрачном, бесцветном напитке типа лимон-лайм, органолептика которого наиболее легко подвержена влиянию каких-либо дефектов исходного сырья. Оценка готового напитка проводилась опытными дегустаторами по критерию «приемлемо - не приемлемо» на основании сравнения с контрольным образцом напитка, приготовленном на сахарозе марки ЧДА (см. рис. 1).

Анализируя показатели диаграммы, можно сделать вывод, что для получения напитков с высокими дегустационными показателями, используемый сахар должен находиться в пределах линий АВ и ВС, координаты точек которых соответствуют показателям цветность:мутность А(8;20), В(33;16) и С(40;6). Сахар должен иметь предельные значения цветности 33 ед. ICUMSA и мутности 16 ед. ICUMSA. Если цветность сахара составляет 40 ед. ICUMSA, то показатель мутности не должен превышать 5-6 ед. ICUMSA.

Область рискованных (удовлетворительных

Органолептические показатели напитка в зависимости от цветности и мутности сахара

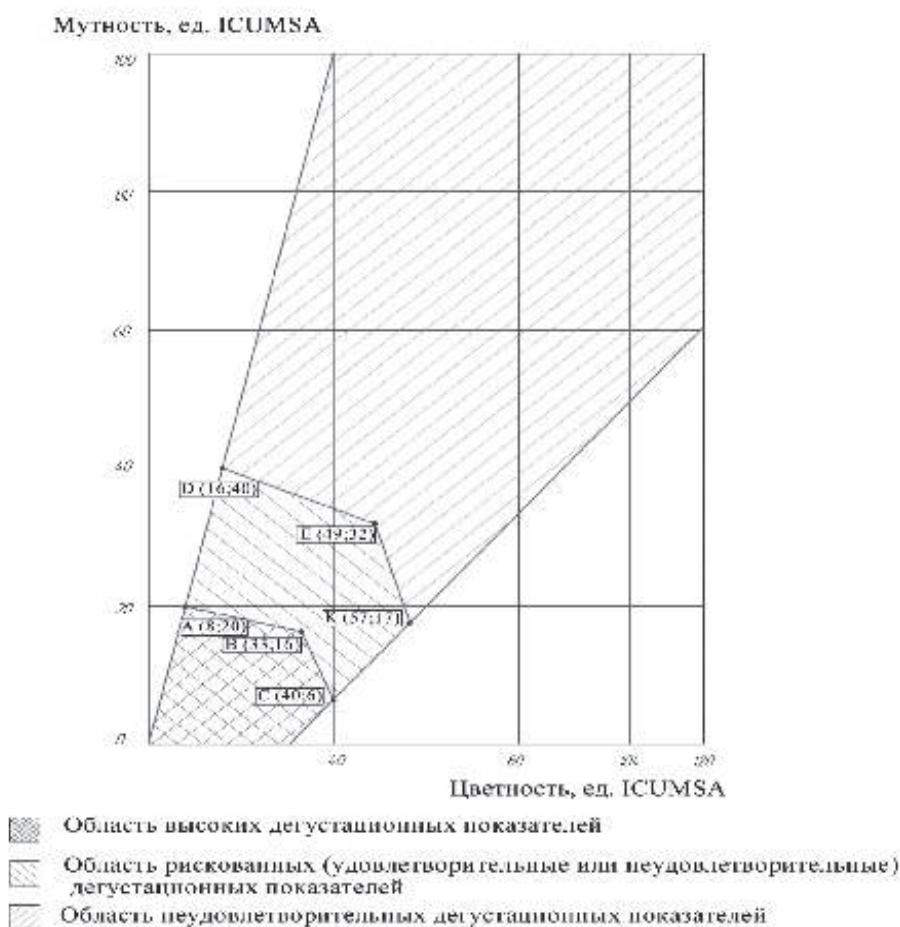


Рис. 1. Органолептические дегустационные показатели напитка в зависимости от цветности и мутности используемого сахара [13].

Сравнение состава полисахаридов в стандарт-сиропе, сахаре и хлопьях, моль% [2] Таблица 10

№№ пп	Полисахарид	Анализируемые продукты		
		Стандарт-сироп	Сахар белый	Хлопья
1	L-рамноза	2	4	4
2	L-арабиноза	40	36	54
3	D-галактоза	27	23	8
4	D-глюкоза	8	18	8
5	D-манноза/D-ксилоза	10	6	11
6	D-фруктоза	0	0	0
7	Прочие	2	3	5
8	Уроновые кислоты	11	10	10

или неудовлетворительных) дегустационных показателей получаемых напитков находится в пределах, ограниченных линией DE и EK с параметрами соответственно цветность:мутность D(16;40); E(49;32); K(57;17). Для этой области диапазон предельных значений цветности 49,0 ед. ICUMSA, мутности - 32 ед. ICUMSA.

Сахара, имеющие показатели цветности и мутности, выходящие за линию DE и EK [D(16;40);

E(49;32); K(57;17)], образуют все без исключения область неудовлетворительных дегустационных показателей получаемых напитков.

Рассмотрев и проанализировав требования основных потребителей сахара, использующих его как важный ингредиент для выпуска своей продукции, определим задачи и методы контроля готовой продукции и его показателей в свеклосахарном производстве.

Основные требования к качеству сахара в зависимости от условий его дальнейшей переработки.

– Буферность раствора сахара-песка должна быть минимальной – близкой к буферной емкости чистой сахарозы.

– Гранулометрический состав: размеры кристаллов от 0,63 до 1,0 мм; содержание мелких кристаллов (0,25-0,315 мм) – не более 4 %; содержание кристаллов размером менее 0,25 мм – не более 1 %.

– Полная растворимость 5 г сахара-песка при температуре 20 ОС – не более 8-10 мин.

– Величина рН для сахара-песка колеблется в диапазоне 6,8 – 7,4. Измерение рН проводят в растворе 50 %-ной концентрации с применением стеклянного электрода. При этом удельная электропроводность дистиллированной воды не должна превышать 1,8 мкСм/см.

– Фактический показатель рН₂₀ растворов сахара, выпускаемого нашими предприятиями, колеблется в пределах 4–8,2. Разные значения рН₂₀ растворов сахара свидетельствуют о наличии в нем определенных несахаров, не удаленных в технологическом процессе переработки свеклы. Очень высокий рН₂₀ раствора сахара свидетельствует о наличии в сахаре СаСО₃, который попадает в готовую продукцию вследствие неудовлетворительной фильтрации и разрыхления накипи вакуум-аппаратов. Например, если рН₂₀ раствора сахара выше 10, то это соответствует о его повышенной зольности. Такой сахар осложняет производство напитков и кондитерских изделий.

– Раствор сахара должен быть термостойчивым, не содержать микроорганизмов, легко фильтроваться и не пениться [8, 9, 15].

При повышении зольности сахара повышается рН его раствора. Самую высокую зольность и щелочность имеют фракция мелких кристаллов

и кристаллов с друзами [15,8,9]. По данным польских исследователей, если цветность сахара менее 85 единиц ICUMSA, то его зольность не превышает 0,03 %, а рН сахарного раствора, как правило, ниже 7,0. В анализируемых сахарах для промышленной переработки цветность изменялась в пределах 110-200 единиц ICUMSA, зольность была 0,027-0,070 %, рН сахарного раствора – 7,14 - 7,74 [5].

Если сахарный раствор имеет рН более 8,0, то в нем имеются соли СаСО₃. Такие сахара стойкие к инверсии, что вызывает перерасход кислоты для инверсии сахарных растворов при приготовлении карамелей и напитков.

Учитывая важность для качества сахара содержание золы в нем, рассмотрим этот показатель с точки зрения ее измерения, контроля за ее удалением в процессе производства и влияние разных факторов на ее снижением. В связи с оснащенностью производственных лабораторий перерабатывающих предприятий кондуктометрами (общего назначения и специализированными), имеется реальная возможность сплошного мониторинга всего выпускаемого сахара по этому показателю. Сахарные заводы, ориентированные на выпуск сахара высокого качества и используемого потребителями, которым также нужен высококачественный сахар, должны определять этот показатель в сахаре из каждой вари утфеля 1 кристаллизации.

Содержание золы - важнейший показатель качества продукции. В контроле сахарного производства содержание золы в свекле является одним из основных критериев оценки ее качества и спелости, содержание золы в соках и сиропе позволяют оценить правильность и полноту проведения технологического процесса очистки при переработке свеклы [8, 9, 14]. Показатель содержа-

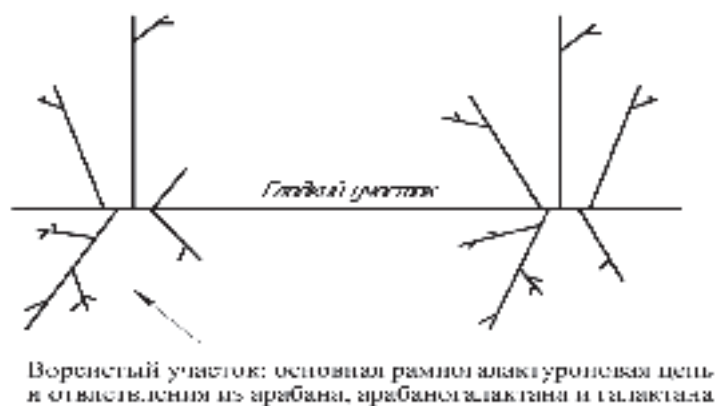


Рис. 2. Ворсистые и гладкие участки молекул пектина

ния золы в сахаре является одним из основных показателей готовой продукции, определяющих ее категорию. К ним также относятся еще два показателя – цветность сахара, измеренная в растворе и цветность в кристаллическом виде.

В продукции, выпускаемой перерабатывающими предприятиями Украины, ее количество регламентируется ДСТУ 4623:2006 «Сахар белый. Технические условия». По этому стандарту содержание золы в сахаре 1 категории должно составлять 0,011% в пересчете на сухое вещество, во 2, 3 и 4 категорий соответственно 0,027, 0,04 и 0,05%. По ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия» [3,19], в соответствии с которым в сахаре I категории «экстра» должно быть золы не более 0,027% (в пересчете на сухое вещество), в сахарах категорий ТС1, ТС2 и ТС3 – соответственно 0,036; 0,036 и 0,05%.

Сахара, вырабатываемые сахарными заводами стран Европейского Союза [15], характеризуются такими показателями по золе: I категории – не выше 0,0108% по массе сахара, II – не выше 0,027%.

В белом сахаре содержание SO₂ не должно превышать 15 мг/кг, в Великобритании содержание двуокиси серы в сахарах всех категорий не должно превышать 6 мг/кг [15].

По результатам исследований высококачественных отечественных сахаров, имеющих содержание золы 0,01-0,015% к массе сухих веществ, с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра типа Perkin Elmer были получены следующие данные [12], которые представлены в табл. 11.

Повышенное содержание золы в белом сахаре может быть обусловлено следующими факторами [8, 9, 14, 16]:

- переработка свеклы с высоким содержанием золы;
- переработка свеклы с наличием загнивших корнеплодов;
- высокое содержание солей кальция в соках;
- использование щелочных вводов (соды, тринатрийфосфата, щелочей);
- использование на выпарной станции ингибиторов накипеобразования и некачественное проведение процесса фильтрования сиропа;
- осуществление процесса сульфитирования продуктов, содержащих свободную известь;
- проведение процесса II сатурации с более высокой щелочностью, чем определено минимумом солей кальция, при этом образуются более растворимые соли, чем карбонаты, – сульфиты и сульфаты кальция;
- вследствие развития микробиологической инфекции на диффузии.

Основные факторы, влияющие на качество сахара

1. Качество свекловичного сырья – исходного и способность его к хранению, устойчивость к поражению микроорганизмами его в процессе роста и хранения.

Копать корнеплоды на переработку необходимо в состоянии технической спелости. Следовательно, около 20% посевов в зоне свеклосеяния должны быть раннеспелыми, чтобы уже в начале сезона работать на спелом сырье. Сахаристость корнеплодов – не менее 75% к массе сухих веществ (СВ); Содержание калия, натрия, а-аминного азота должно быть сбалансированным, чтобы обеспечить значение щелочного коэффициента не менее 1,8, что даст нам возможность работать с соками с положительной натуральной щелочностью

Таблица 11

Основные золные элементы, определяемые в сахаре [12]

Определяемый элемент	Содержание		
	мкг на 100 г продукта	мг на кг	% к массе золы
Калий	6749±115	67,49	20
Натрий	1191±60	11,91	4
Кальций	2065±130	20,65	6,8
Магний	109±6,5	1,09	0,35
Железо	115±3	1,15	0,35
Медь	25±0,8	0,25	0,1
Марганец	8,2±0,4	0,082	0,03
Цинк	50,7±2	0,501	0,2

Экстракция сахарозы. Для выпуска сахара 1 категории (по критериям ЕС) чистота свекловичного сока должна быть на уровне 92-93,5%. Процесс диффузии целесообразно осуществлять диффузионно-прессовым методом, что даст возможность повысить эффект очистки на диффузии, снизить количество несахаров, поступающих в сок и обеспечить чистоту диффузионного сока 93,5-94%.

В табл. 12 приведены предложенные К. Вуковым критерии и уровни содержания несахаров в диффузионных соках.

По данным К. Вукова, в зависимости от результатов хранения свекловичного сырья, свекла кондиционная будет иметь среднее содержание несахаров, вялая – среднее содержание несахаров, за исключением содержания пектина, которое будет повышенным; подмороженная и оттаявшая – повышенное содержание несахаров, особенно декстрана, ухудшающего фильтрование соков; проросшая – характеризуется в основном повышенным содержанием несахаров (общих, редуцирующих веществ, пектина).

Для получения сахара высокого качества в процессе очистки из диффузионного сока необходимо удалить максимально возможное количество несахаров [18, 20].

- 20-25% - плохой;
- 25-30 - средний;
- 30-35 - хороший;
- 35-40 - очень хороший.

Индекс несахаров (I_{NS}) [21]. Содержание несахаров в соке II сатурации пропорционально трем основным компонентам несахаров диффузионного сока. К. Вуковым предложен индекс несахаров (I_{NS}), базирующийся на отношении остаточного количества несахаров в очищенном соке (сиропе) к суммарному количеству трех важнейших компонентов диффузионного сока – кондуктометрической золы, инвертного сахара и альфа-аминного азота.

Индекс несахаров (I_{NS}) рассчитывают по формуле:

$$I_{NS} = nD / (h + i + 6,25a - N) = [(100 - QD) / QD] / (h + i + 6,25a - N),$$

где nD – общее содержание несахаров очищенного сока;

h - содержание золы;

i – содержание инвертного сахара;

a-N - содержание альфа-аминного азота.

По К. Вукову, если I_{NS} около 1,7, то индекс несахаров очень хороший; около 1,8 – хороший; 1,9-средний; около 2 – плохой.

Индекс кальциевых солей (I_{Ca}) [20], который

Таблица 12

Технологические критерии качества диффузионного сока в зависимости от показателей его химического состава (по К. Вукову) [18,20]

Несахара диффузионного сока, % к массе	Уровни содержания несахаров в диффузионном соке		
	низкое содержание несахаров	среднее содержание несахаров	высокое содержание несахаров
Общий несахар	Менее 2,0	Менее 2,6	Более 2,6
Зола	Менее 0,5	менее 0,7	более 0,7
Инвертный сахар	Менее 0,15	Менее 0,25	Более 0,25
а-аминный азот	Менее 0,025	Менее 0,04	Более 0,04
Пектиновые вещества	Менее 0,1	Менее 0,2	Более 0,2
Коллоиды	Менее 0,1	Менее 0,4	Более 0,4

2. Очистка диффузионного сока и степень удаления каждой группы несахаров в процессе очистки

Критерии К. Вукова для оценки полноты удаления несахаров при очистке

Показатель общего удаления несахаров – эффект очистки. Определяется по формуле [20]:

$$Э. о. = [(n - nD) / n] * 100 = [1 - (Qn : (1 - QD)) / QD(1 - Qn)] * 100$$

Градация (по К. Вукову) показателя эффекта очистки:

может характеризовать степень удаления анионов кислот, образующихся из инверта и аминного азота, в процессах очистки диффузионного сока и являющийся чувствительным показателем протекания процессов очистки диффузионного сока.

Индекс кальциевых солей I_{Ca} является коэффициент пропорциональности, характеризующий эквивалент солей кальция, рассчитанный для эквивалентной суммы кислот, образующихся из инверта и аминного азота.

$$I_{Ca} = (CaO/28) : [i/125 + a-N/14],$$

где 28 и 14 – эквиваленты окиси кальция и азота; а 125 – средняя эквивалентная масса органических кислот, образующихся при деструкции 1 г инвертного сахара.

По мнению К. Вукова, если I_{Ca} выше 0,2 – эффект по удалению ионов органических кислот низкий; 0,12-0,20 – средний; 0,08-0,12 – хороший; до 0,08 – очень хороший.

Л.П. Рева [20] считает, что если I_{Ca} меньше 0,1, то очистка по удалению анионов кислот и солей кальция хорошая, если I_{Ca} больше 0,3 – то неудовлетворительная.

Зольность и щелочность [20]

Содержание золы в диффузионном соке h в известных пределах определяет содержание щелочной золы в очищенном соке Ah_D , которое вычисляем из содержания золы в очищенном соке (h_D) вычитанием карбоната кальция, эквивалентного жесткости.

$$Ah_D = Ah_D - 1,8 CaO_D$$

Показатель (Ah_D/h) изменяется в пределах 0,75-0,90.

Средняя величина показателя (Ah_D/h)=0,80-0,85; значение выше этого – плохой; ниже этого – хороший.

Условие снижения содержания солей кальция в соке II сатурации: наличие кристаллического $CaCO_3$, температура не менее 95°C и интенсивное перемешивание.

При температуре 90°C и ниже процесс этот настолько медленный, что за время, которое может быть в промышленности выделено на этот процесс, снижения содержания солей Ca не произойдет.

Исходя из вышесказанного, оптимальной температурой II сатурации есть (98±2)°C; продолжительность – 8±1 мин; конечный показатель щелочности – минимум солей Ca. Для полного осаждения – выпадения карбоната кальция обязательно необходимо достаточное количество кристаллического карбоната кальция, который различными методами вводится в сатурируемый сок [20].

3. Фильтрация продуктов и выведение осадка

Контроль – по показателям мутности соков I, II сатурации и контрольной фильтрации перед выпаркой, а также сиропа с клеровкой перед увариванием утфелей [5-7, 10-12, 13, 14, 19].

Чтобы оценить наличие взвесей, обуславливающих мутность растворов, в технологических продуктах (соках I и II сатураций, сиропе, клеровке, продуктах кристаллизационного отделения и

пр.), а также определить возможность их удаления в процессе производства сахара, мы выполнили комплексные исследования продуктов по потоку на наличие взвесей.

Исследования были проведены на предприятиях, оснащенных различными видами оборудования для разделения жидкостей и суспензий (отстойников-декантаторов, фильтров-сгустителей, фильтров для обессахаривания фильтрационного осадка), контрольного фильтрования сока перед выпаркой, сиропа, клеровки.

Для сравнения своих показателей с данными других исследователей мутность анализируемых продуктов мы определяли различными методами – фотоэлектроколориметрическим и гравиметрическим, что позволило нам получить результаты в единицах оптической плотности и в весовых единицах (мг/кг).

МУТНОСТЬ ПРОДУКТОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА. В соответствии с Правилами устоявшейся практики 15.83-37-106:2007 «Технологический процесс выработки сахара из сахарной свеклы» [9] мутность сахарных растворов не должна превышать:

- В соке I сатурации после всех видов фильтровального оборудования ((ФиЛС, П9-УФЛ, МВЖ, гравитационных отстойников, дисковых фильтров) - 200-500 мг/дм³;
- В соке II сатурации с использованием оборудования ((ФиЛС, П9-УФЛ, МВЖ, гравитационных отстойников, дисковых фильтров, патронных фильтров) - 70-100 мг/дм³;
- сиропа з клеровкой на фильтрах МВЖ и дисковых - 25-30 мг/ дм³;
- Растворы сахара - 20-25 ед. ICUMSA, 2 мг/кг

Результаты измерений мутности сока I и II сатурации после гравитационных отстойников, работающих с использованием флокулянтов приведены в **табл. 13-15** [8]. Мониторинг мутности сока по технологическому потоку (с использованием фильтров-сгустителей для сока I и II сатураций) – в **табл. 16**.

Результаты наших исследований показывают, что сок после отстойника имеет показатель мутности выше в 20-38 раз для сока I сатурации, в 19-41 раза для сока II сатурации. Сока после отстойников требуют контрольного фильтрования. При отсутствии контрольного фильтрования сока I сатурации оставшаяся муть в условиях повышенной щелочности пептизируется и все несакара переходят в сок. Кроме того, находя-

ние сока в условиях повышенной щелочности и температуры в течение продолжительного времени вызывает повышение его цветности; для сока I сатурации повышение цветности может достигать 31-50% (до 10 ед. Штаммера), II сатурации – 12-33,7%.

При нахождении сока в отстойниках имеем также повышение неучтенных потерь сахара вследствие его разложения (0,02-0,05% к массе свеклы).

Повышенные соли Са, коллоидные системы кристаллизуются вместе с сахарозой и в дальнейшем обуславливают повышенную мутность растворов сахара.

В табл. 16 приведены результаты мониторинга мутности соков, сиропа, клеровки и сахара по технологическому потоку при фильтровании продуктов на фильтрах.

4. Выпарная установка

В последние годы выпарные установки работают без виварки корпусов выпарки, но с использованием антинакипинов. Фильтрование сиропов после выпарки обязательно на фильтрах под давлением с наливом вспомогательных фильтрующих средств. Прирост цветности не должен превышать 30-39%.

Таблица 13

Показатели мутности сока I сатурации после отстойников

№№ опытов	Мутность сока I сатурации после отстойника гравитационного, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)					
	Завод 1		Завод 2		Завод 3	
	Ед. ICUMSA	Ед. Шт.	Ед. ICUMSA	Ед. Шт.	Ед. ICUMSA	Ед. Шт.
1	2326,9	110,8	611,1	29,1	869,4	41,4
2	838,6	39,9	1182,3	56,3	1041,6	49,6
3	381,1	18,3	1436,4	68,4	1866,9	88,9
Среднее	1182,2	56,3	1076,6	51,3	1281,0	60,0
Среднее по всем заводам	1180/56,2					

Таблица 14

Показатели мутности (ед. ICUMSA) сока II сатурации после отстойников

№№ опытов	Мутность сока II сатурации после отстойника, единиц оптической плотности (ед. ICUMSA)				
	Сок перед отстойником		Сок после отстойника		Степень осаждения, %
	Ед. ICUMSA	Ед. Шт.	Ед. ICUMSA	Ед. Шт.	
1	1180,7	56,2	528,4	25,2	55,2
2	3825,0	182,1	647,8	30,8	83,1
3	1758,0	83,7	542,3	25,8	69,2
4	559,6	26,6	287,4	13,7	48,5
5	464,5	22,2	210,3	10,0	55,0
Среднее	1557,6	74,2	443,2	21,1	71,6

Таблица 15

Показатели мутности (мг/кг) сока II сатурации до и после отстойников

№№ опытов	Мутность сока II сатурации (перед и после отстойника), мг/кг сока		
	Сок после I сатурации - сок перед отстойником II сатурации (без контрольного фильтрования)	Сок после отстойника II сатурации	Степень осаждения, %
1	4590	590	87,1
2	5740	598	89,3
3	7630	2870	62,3
4	4100	1470	64,1
Среднее	5570	1380	75,7

Результаты определения мутности продуктов по станциям
фильтрации за декаду по технологическому потоку, ед. ICUMSA

Период проведения исследований	Наименование продуктов					
	Сок I сатурации после АМА-фильтров	Сок II сатурации после АМА-фильтров	Сок II сатурации после контрольной фильтрации на патронных фильтрах	Сироп после дисковых фильтров	Клеровка после фильтров прямоочных	Белый сахар
Среднее за 1-5 октября	47	20,8	19,8	19,6	40	26,4
Среднее за 6-10 октября	27	11,4	5	26,3	80	20,8
Среднее за декаду	37	16,1	12,4	44,3	60	23,6

5. Кристаллизационное отделение

Нами были проанализированы продукты кристаллизационного отделения на содержание мути, данные измерений представлены в табл. 17.

На основании выполненных исследований можно сделать выводы, что для получения сахара высокого качества недопустимо осуществлять возврат зеленой патоки утфеля I кристаллизации на себя, т.е. на уваривание утфеля I продукта. Сахар III продукта целесообразно аффинировать, в результате этой технологической операции мутность раствора сахара уменьшается на 28% и аффинированный сахар можно направлять вместе с клеровкой II продукта на уваривание сахара I продукта.

Потребители, использующие сахар как сырье, предъявляют к нему требования, обусловленные технологическими регламентами своих производств. Одним из важных показателей, которые жестко контролируют эти потребители, является мутность водного сахарного раствора [2]. Примеси (взвеси, муть) состоят в основном из труднорастворимых солей кальция, главным образом CaCO_3 , окиси кремния, осадков органических веществ. Наличие повышенного содержания таких примесей в сахаре-песке обуславливает матовую поверхность его кристаллов. Матовый сахар-песок, как правило, дает и мутные растворы.

Содержание суспендированных примесей в сахаре-песке колеблется в значительных пределах и зависит главным образом от правильности проведения технологических процессов: очистки свеклы от легких и тяжелых примесей, отмыва-

ния корнеплодов от прилипшей почвы, экстракции сахарозы из свеклы, эффективной дефеко-сатурационной очистки диффузионного сока, получения и очистки известкового молока, качественного фильтрования соков и сиропа, из которого получают белый сахар.

Содержащиеся в диффузионном соке несахара представляют собой полидисперсную систему, состоящую из низкомолекулярных соединений и высокополимеров, гелей и тонких суспензий, осаждающиеся на поверхностях технологического оборудования. Не отмытая от корнеплодов земля, неотделенный песок в условиях высокой щелочности растворяются, образуя щелочноземельнокарбонатные системы с примесями силикатной накипи и органической фазы [1, 2].

Мутность сиропа обусловлена наличием в нем нерастворимых веществ разной степени дисперсности, среди которых могут присутствовать CaCO_3 ; окись кремния, кальциевые соли органических кислот, выпавшие в осадок при выпаривании; частички скоагулированных высокомолекулярных соединений; обломки накипи и т.д. По данным исследований, при использовании отстаивников для разделения сока и суспензии сока I сатурации, при отсутствии контрольного фильтрования сока I сатурации, оставшаяся в соке муть в условиях повышенной щелочности пептизируется и часть несахаров вновь переходит в сок. Наличие CaCO_3 в сиропе зависит от качества фильтрации сока II сатурации и сиропа. Наличие взвешенных веществ (его мутность) в сиропе обусловлено как за счет частичек взвешенных веществ, попадающих при фильтровании сока II сатурации (CaCO_3), так и выпадением в осадок при сгущении сока на выпарной установке

Таблица 17

Результаты определения мутности продуктов в кристаллизационном отделении (период проведения исследований с 29 октября по 5 ноября)

Наименование продуктов	Мутность, ед. ICUMSA, (ед.опт. плотности)
Утфель I кристаллизации	1325,9
Сахар белый	41,9
Первый оттек (зеленая патока)	1864,2
Второй оттек (белая патока)	1118,5
Утфель II кристаллизации	1370,2
Желтый сахар II продукта	568,6
Оттек II продукта	2390,3
Утфель III кристаллизации	2396,9
Желтый сахар III продукта	754,9
Мелласа	3157
Аффинационный утфель	944,2
Аффинированный сахар	546,6
Аффинационный оттек	2200,8
Клеровка сахара II продукта	559,9
Клеровка аффинированного сахара	636,9

труднорастворимых солей кальция, а также коагуляции ВМС. Кроме того, в сиропе могут присутствовать и нерастворимые частицы черного цвета, например, ржавчина из труб, ловушек и т. д., а также отколовшиеся частицы накипи [2, 3].

Если же частицы мути не удалить из сиропа, то в процессе уваривания утфеля соли Са, коллоидные вещества кристаллизуются вместе с сахарозой. При центрифугировании утфеля они будут удерживаться в слое кристаллического сахара, что приведет к ухудшению его качества - повышению мутности его водных растворов [3]. Поэтому все взвеси, находящиеся в сиропе, перед поступлением его в вакуум-аппараты должны быть удалены. Сироп хорошего качества должен быть искристым, содержать взвешенных веществ не более 30 мг на 1л сиропа [7]. Из такого сиропа можно получить сахар высокого качества.

Для определения и выбора технических средств для удаления взвесей, рассмотрим принципы деления взвешенных частиц, их свойства, природу и пути образования.

Если размер частиц более 1 мкм и составляет $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ см, то речь идет о грубодисперсных системах, например, суспензии, порошки, взвеси. Когда размер частиц меньше 1 мкм и составляет $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-4}$ см или находятся в диапазоне от 1 мкм до 1 нм, например, $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-7}$ см, то такие системы относят к высокодисперсным или коллоидным. Грубодисперсные системы отличаются от высокодисперсных (коллоидных) тем, что частицы дисперсной фазы оседают в гравитационном поле, не проходят через бумажные фильтры

и видимы в обычный микроскоп. Частицы высокодисперсных систем проходят через обычные фильтры, но задерживаются ультрафильтрами, практически не оседают и не видимы в обычный микроскоп. Характерным свойством высокодисперсных (коллоидных) систем является их опалесценция, т. е. свечение, наблюдаемое при освещении их с боку.

В сиропе с выпарной установки содержатся как частицы с размерами более 1 мкм, относящиеся к грубодисперсным системам: это частички осадка СаСО₃ с размером 1–5 мкм, частички осадка труднорастворимых солей кальция, выпадающие в осадок на выпарной станции (например, фосфат кальция, лимоннокислый кальций и т. д.), примерно того же размера, так и ВМС, относящиеся к высокодисперсным системам. Следует отметить, что лимоннокислый кальций и фосфат кальция при надлежащей организации производства должны выпасть в осадок на предварительной дефекации и перейти в осадок (отфильтроваться) на фильтрах сока I сатурации.

К высокомолекулярным соединениям сахарного сиропа можно отнести пектиновые вещества, декстран, которые также должны максимально удаляться в процессе очистки, часть красящих веществ и т. д. Они представляют основную часть высокодисперсной системы.

Что же касается части веществ коллоидной дисперсности (в обычном понимании с четким разделом фаз), то в сиропе последние содержатся в значительно меньшем количестве, чем ВМС и в качестве их могут присутствовать окись кремния

и оксид железа.

В сиропе в качестве частиц грубодисперсной системы могут присутствовать частицы ржавчины, окалины и обломки накипи. Размер этих частичек главным образом >100 мкм.

По характеру структуры осадок клеровки отличается от осадка сиропа. Это в первую очередь обусловлено тем, что он состоит главным образом из веществ органического происхождения. Поэтому он и соответственно подвержен большей сжимаемости и в большей степени затрудняет фильтрацию, чем осадок сиропа.

Отличительной особенностью сиропа с клеровкой, как осветляемой суспензии путем фильтрации, является низкое содержание твердой фазы, не более 0,1 % к их массе и высокая степень дисперсности осадка.

Рассмотрим более подробно вещества коллоидной дисперсности сахарного производства. К веществам коллоидной дисперсности (ВКД) относят высокомолекулярные вещества, диспергированные в соках, сиропе, оттеках. Условно выделяют две группы ВКД. К первой группе относят вещества, содержащиеся в клетке свекловичной ткани и переходящие в производственные соки в процессе экстракции сахара (белки, пектиновые вещества, арабан, галактан, сапонины), ко второй группе – вещества, образующиеся в продуктах при протекании производственных процессов (красящие вещества).

ВКД свеклосахарного производства подразделяются на обратимые и необратимые: обратимые в свекловичном и диффузионном соках составляют 60-70% от общей массы; а в очищенном соке их масса увеличивается до 100%. В табл. 18 приведен примерный состав ВКД в свекле и по-

лупродуктах сахарного производства.

Как следует из приведенных данных, минимальное содержание ВКД наблюдается в очищенных соках. Очевидно, что ВКД I группы в основном удаляются на очистке, а образование ВКД II группы наиболее интенсивно происходит в процессе выпаривания соков, а также в процессе кристаллизации.

Вновь образующиеся ВКД представлены главным образом красящими веществами. Среди красящих веществ фракцию ВКД составляют карамели и меланоидины. Образование карамелей и реакция меланоидинообразования наиболее интенсивно протекает на выпарной станции при высоких температурах и в процессе кристаллизации, где значительно повышается содержание действующих масс веществ – аминокислот и редуцирующих веществ. Результаты определений обратимых и необратимых веществ коллоидной дисперсности по потоку технологического процесса переработки свеклы представлены в табл. 19.

Исследователями были определены средние радиусы частиц ВКД различных продуктов свеклосахарного и рафинадного производств, используя метод асимметрии светорассеяния. Средний радиус частиц ВКД свекловичного сока составляет около 72 нм, диффузионного сока -121, сока I сатурации - 106, II сатурации -87, сульфитированного сока – 65, сиропа -101, I оттека утфеля I кристаллизации – 116, мелассы – 121 нм. Некоторые авторы в своих работах приводят более высокие значения радиусов частиц ВКД: свекловичного сока -128 нм, сиропа -172, мелассы -176 нм.

В продуктах рафинадных циклов кристалли-

Таблица 18

Содержание ВКД в полупродуктах сахарного производства, % к массе свеклы

Содержание ВКД, кг	Свекла	Свекловичный сок	Диффузионный сок	Сок II сатурации	Сироп	Меласса
Клетчатка	1,2	-	-	-	-	-
Гемицеллюлоза	1,10	-	-	-	-	-
Пектиновые в-ва	2,5	0,10	0,10	0,04	0,04	0,04
Белки, пептоны	0,70	0,60	0,20	0,03	0,03	0,03
Сапонины	0,30	0,15	0,10	-	-	-
Красящие вещества	-	-	-	0,03	0,04	0,07
Липиды	0,20	0,15	0,15	-	-	-
Всего ВКД	6,00	1,00	0,45	0,10	0,11	0,14
Всего несахаров	7,5	2,5	2,25	1,2	1,2	1,2
Содержание ВКД						
% к массе несахаров	80,00	40,00	20,00	7,40	9,20	11,70
% к массе продукта	6,00	1,10	0,40	0,08	0,37	4,00

зации наименьший радиус (24,5 нм) имеют частички ВКД, содержащиеся в сиропе I рафинада, наибольший отмечен у частиц ВКД I оттека III рафинада. В продуктовых утфелях средний радиус частиц ВКД составляет 113,5-115,8 нм, а в рафинированной патоке – 120-130 нм.

Процесс фильтрования можно проводить несколькими способами, например, с образованием на поверхности фильтровальной перегородки осадка, состоящего из твердой фазы суспензии или вспомогательного фильтрующего материала, и фильтрацию с закупориванием пор перегородки твердой фазы.

При фильтровании суспензии с небольшой концентрацией, но высокой степени дисперсности примесей сначала происходит фильтрование с закупориванием пор осадком, затем оно переходит в фильтрование с образованием осадка. Фильтрование с закупориванием пор обычно имеет место при следующих условиях: относительно малых размерах частиц, малой концентрации твердой фазы в растворе и значительной вязкости фильтрата.

Для удаления мути и тем самым получения прозрачного фильтрата применяют вспомогательные фильтрующие материалы - кизельгур, фильтроперлит. При применении фильтрующих порошков намывной слой осадка из фильтрующего порошка задерживает муть.

Намывной слой фильтрующих порошков (перлита, кизельгура), обычно применяемых в сахарной промышленности, пропускает частицы диаметром меньше 0,5-1 мкм, т. е. в этом слу-

чае из сиропа удаляется более тонкая муть. Именно за счет этого можно объяснить, что фильтрование сиропа через слой фильтрующего порошка позволяет получить более прозрачный («искристый») сироп.

Кизельгур представляет собой тонкий порошок с размером частиц от 1 до 30 мкм (в зависимости от марки), состоящий примерно на 90 % из аморфной кремниевой кислоты, содержащей 2-3 % соединений алюминия, и 1,0 % Fe_2O_3 , и имеющий объемную массу 300-350 кг/м³.

Фильтроперлит - порошок вулканического происхождения, состоящий главным образом из гидратированных силикатов кальция, подвергнутых термической обработке. Насыпная масса перлита несколько меньше - 200-300 кг/м³. Частицы перлита не имеют заряда.

Частички же кизельгура, в отличие от перлита, имеют отрицательный заряд (за счет аморфной кремниевой кислоты), поэтому способны задерживать положительно заряженные частички коллоидной дисперсности.

Качество вспомогательного фильтрующего средства играет очень важную роль при получении прозрачных фильтратов. Так, тонкий кизельгур дает более высокое осветление, но при этом замедлена фильтрация, для более крупных частиц имеет место обратная зависимость.

Фильтрующие порошки можно использовать тремя способами:

- намывкой фильтрующего слоя;
- непрерывной подачей суспензии порошка в фильтруемый сироп;

Таблица 19

Соотношение между обратимыми и необратимыми веществами коллоидной дисперсности по верстату завода

Исследуемые продукты	Общее количество ВКД в продукте с содержанием СВ 10%, кг/м ³	Количество обратимых ВКД, % от общего их количества
СОКИ		
Диффузионный	5,0	74,0
I сатурации	3,0	67,0
II сатурации	2,2	60,0
Сульфитированный	1,0	60,0
СИРОП ВЫПАРНОЙ СТАНЦИИ		
I корпуса	1,0	60,0
II корпуса	4,6	90,0
III корпуса	1,3	81,0
IV корпуса	2,3	90,0
Клеровка	0,2	100
ОТТЕК УТФЕЛЯ		
I продукта	2,4	91,0
II продукта	3,2	93,0
меласса	5,0	100

— комбинированным способом, включающим намывку слоя и подпиткой сиропа суспензией фильтрующего порошка. Этот способ является наиболее эффективным.

Расход кизельгура составляет 0,8-1,0 кг/м² фильтрующей поверхности, фильтроперлита - 0,3-0,4 кг/м² при толщине слоя ≈ 1 мм.

Для повышения качества фильтрата и получения более устойчивого намытого слоя фильтрующего порошка иногда добавляют целлюлозу в количестве ≈ 5 г на 1 м² фильтрующей поверхности.

Причинами получения мутного сиропа могут явиться:

- неправильно подобрана фильтрующая ткань (большой размер отверстий);
- негерметичная установка фильтрующих элементов;
- неправильный намыв слоя осадка и образование в нем трещин;
- не проведена рециркуляция первых порций фильтрата после начала нового цикла фильтрования;
- повреждена ткань или некачественно зашиты швы;
- повышается до предельного значения давление фильтрования.

ФИЛЬТРОВАНИЕ ЧЕРЕЗ НАМЫВНОЙ СЛОЙ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ. В Чешской Республике при фильтровании сиропа на камерных фильтрпрессах марок МК-90 и МЕКО 1200 в виде фильтрующего вспомогательного средства применяют суспензию СаСО₃, полученную на II сатурации. Для этого сгущенная суспензия после ФилСов делится на две части, одна из которых направляется на преддефекацию, а вторая служит в качестве источника СаСО₃, используемого как вспомогательное фильтрующее средство. Эта часть суспензии направляется в сборник с перемешивающим устройством, где она смешивается со смесью сиропа и клеровки, а затем смесь подается на фильтрование.

Количество сгущенной суспензии для смешивания с сиропом и клеровкой подается из расчета, чтобы в полученной смеси содержание осадка составляло 0,45-0,70 г СаО /100 мл.

Нашими исследованиями в промышленных условиях установлено, что добавление СаСО₃ в виде суспензии сока II сатурации к смеси сиропа с клеровкой не приводит к увеличению содержания солей кальция и не изменяет величину рН

отфильтрованного раствора [19].

Применение в качестве фильтрующего слоя осадка СаСО₃, полученного на II сатурации, обеспечивает более эффективное удаление мути и позволяет получить фильтрат высокого качества с содержанием мути приблизительно 25 мг на кг смеси или же 50 мг на 1 кг сухих веществ фильтрата.

Высокое качество отфильтрованной таким способом смеси клеровки с сиропом позволяет получать сахар с низкой мутностью и низким содержанием золы.

Эффективность данного способа фильтрования смеси сиропа с клеровкой была подтверждена и на Тальновском сахарном заводе.

ФИЛЬТРЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СЕТКОЙ. В настоящее время разработано несколько новых видов фильтрационного оборудования для отделения взвешенных веществ из сиропа. Так, фирма Альфа Лаваль поставляет модель Конфиль для удаления из сиропа (или смеси клеровки с сиропом) частиц с размером ≥ 50 мкм. Это достигается за счет применения сетки с размером отверстия до 50 мкм [19].

В Чешской Республике ВУЦ Прага для фильтрования сиропа разработан ситовой фильтр СФ-160, позволяющий улавливать частицы с размером ≥70-75 мкм. Поверхность фильтра составляет 1,6 м², производительность - 40 м³ сиропа в час.

Для отделения взвешенных частиц служит и фильтр «Сибомат» фирмы Putsch с сеткой с размером отверстий 35 мкм. Его производительность составляет 60 м³/ч при фильтровании сиропа или клеровки с концентрацией сухих веществ до 75 % при температуре 90-95°С.

Указанные выше фильтры позволяют отделить частицы с размером >50 мкм. Частички же осадка карбоната кальция, образующегося на II сатурации, имеют значительно меньший размер, они составляют в основном до 10 мкм. Естественно такие частички, если попадут в сироп из-за неудовлетворительной фильтрации сока II сатурации, при помощи указанных фильтров удалить нельзя. Так как мутность сиропа обусловлена в основном именно такими частицами, то для их удаления необходима фильтрация с применением вспомогательных фильтрующих средств.

Необходимость применения фильтрующих вспомогательных средств обусловлена тем, что тонкая муть проходит через фильтровальную ткань, используемую в настоящее время в дис-

ковых фильтрах для фильтрования сиропа, в результате чего трудно получить прозрачный («искристый») фильтрат. Наличие мути в сиропе отрицательно сказывается на уваривании утфеля, а полученный сахар содержит включенные нерастворимые примеси.

Оперативный контроль мутности, в первую очередь смеси сиропа с клеровкой, является важным моментом, позволяющим получать искристый и чистый фильтрат и, как следствие, сахар высокого качества. Определение мутности сахаросодержащих растворов должно быть обязательным элементом текущего контроля производственного процесса переработки свеклы с тем, чтобы можно было своевременно принять меры по устранению причин повышенного содержания мути в растворах и обеспечить выпуск сахара высокого качества.

5. Содержание золы в белом сахаре и факторы, влияющие на нее

Во всех странах, вырабатывающих сахар, содержание золы в белом сахаре, в зависимости от его категории, регламентируется Национальными стандартами [15, 16, 17].

По данным исследователей, 50% золы сахара находится во внешнем слое кристалла (K^+ , Na^+ , NO_2^- , Cl^-); 50% (Ca_2^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) внутри кристалла.

Катионы золы сахара содержат калия примерно 20% к общему ее содержанию, ионы кальция, натрия, магния, железа присутствуют в значительно меньших количествах.

В зольном комплексе белого сахара представлены следующие анионы: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , SiO_2^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , Cl^- , оксалаты, цитраты [15].

Повышенное содержание золы в белом сахаре может быть обусловлено следующими факторами [14]:

- плохой отмывкой корнеплодов от прилипшей почвы;
- переработкой свеклы с высоким содержанием золы;
- вследствие микробиологической инфекции на диффузии;
- высоким содержанием солей кальция в соках;
- применением щелочных вводов при отрицательной натуральной щелочности (сода, тринарийфосфата, щелочей);
- при осуществлении процесса сульфитирования продуктов, содержащих свободную известь и после проведения процесса II сатурации с более высокой щелочностью, чем определено минимумом

солей кальция, при этом образуются более растворимые соли - сульфиты и сульфаты кальция;

- при использовании на выпарной установке ингибиторов накипеобразования и некачественным проведением процесса фильтрования сиропа.

При повышении зольности сахара увеличивается его цветность, повышается pH раствора. Самую высокую зольность и щелочность имеют фракция мелких кристаллов и кристаллов с друзами [15]. По данным польских исследователей, если цветность сахара менее 85 единиц ICUMSA, то его зольность не превышает 0,03%, а pH сахарного раствора, как правило, ниже 7,0. В сахаре для промышленной переработки цветность изменялась в пределах 110...200 единиц ICUMSA, зольность – 0,027...0,070%, pH сахарного раствора – 7,14...7,74.

Если сахарный раствор имеет pH более 8,0, то в нем имеются соли $CaCO_3$. Такие сахара стойкие к инверсии, что вызывает перерасход кислоты для инверсии сахарных растворов при приготовлении карамелей и напитков.

Таким образом, для получения сахара высшей категории качества, пользующегося спросом за рубежом, основными факторами являются исходное качество сырья, тщательная его очистка от примесей, отмывка от прилипшей земли, черешков, зеленой массы, жесткое выполнение требований технологического режима, контроль технологических параметров процесса, сплошной мониторинг качества сахаров всех ступеней кристаллизации в кристаллизационном отделении, оперативное управление клеровками и оттеками в зависимости от их чистоты.

Выполнение вышеперечисленных требований возможно на предприятиях, оснащенных высокотехнологичным оборудованием с автоматизацией технологических процессов.

Для обеспечения контроля предприятие должно иметь лабораторию, оснащенную современной измерительной техникой.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Для выработки белого сахара с низким содержанием золы, низкой цветностью и мутностью необходимо перерабатывать спелое высококачественное сырье.

• Технологическая схема экстракции сахарозы должна обеспечивать минимальный переход несахаров при высокой чистоте продуктов, т.е. работать диффузионно-прессовым методом с эффектом очистки на этом участке не ниже 14-18%.

- Станция дефекокачественной очистки диффузионного сока должна быть гибкой для переработки сырья разного технологического качества, обеспечивать максимальное удаление несахаров (продуктов распада редуцирующих веществ, азотистых и зольных веществ), низкую цветность продуктов при хороших седиментационно-фильтрационных показателях соков.

- Станции фильтрации соков должны быть оснащены высокотехнологичным оборудованием, позволяющим получить соки с низкой мутностью, что даст возможность вывести осадок суспензии с производства и снизить неучтенные потери сахарозы вследствие высокой скорости процессов разделения соков и суспензии.

- Выпарная установка должна обеспечивать продуктивное отделение экстрапарами для нормальной варки уфелей при максимально возможно низкой температуре ретурного пара, который поступает на первый корпус, чтобы исключить прирост цветности сиропа на этом участке.

- Обеспечивать фильтрацию сиропа и клеровки на фильтровальном оборудовании, работающем с намывом вспомогательных фильтрующих средств, что даст возможность удалить из раствора максимальное количество взвесей (антинакипинов, коллоидных веществ, солей Са, выкристаллизовавшихся при сгущении соков), кристаллизующихся вместе с молекулами сахарозы внутри кристалла.

- Уваривание уфелей целесообразно выполнять в автоматическом режиме с использованием вакуум-аппаратов, оснащенных циркуляторами, что даст возможность получить более однородный кристалл с минимальным количеством мелких кристаллов и друз.

- Для разделения кристаллов и оттеков уфелей использовать центрифуги с высоким фактором разделения, что позволит уменьшить толщину пленки на кристалле, а, следовательно, и количество зольных элементов, находящихся на поверхности кристалла, улучшить качество белого сахара и клеровки, поступающей на уваривание уфеля первой ступени кристаллизации.

- Для обеспечения контроля предприятие должно иметь лабораторию, оснащенную современной измерительной техникой. ■

Список использованных источников

1. Бугаенко И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства М. : Сахарный бизнес России - 2003. - 287 с.

2. Бруин Я.М. Этот пленительный сладкий мир технологии сахара, никогда не скучный /Сахар и свекла. - 2013. - №1. - С. 5-18.

3. ГОСТ 33222-2015. Сахар белый. Технические условия.

4. Гречко Н.Я. Вплив цукровмісної сировини на якість шампанських виноматеріалів/ Н.Я. Гречко, І.М. Бабич, О.Ю. Пилипенко, І.С. Ільїн// Цукор України. - 2015. - № 11-12. - С. 36-39.

5. Добжицкий Я. Химический анализ в сахарном производстве. М. : Агропромиздат, 1985. - 350 с.

6. ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. Технічні умови. (Сахар белый. Технические условия).

7. Кузьмина Е.И. Сахар в производстве вин и безалкогольных напитков. Сахар. – 2009. – №. – С. 35-38.

8. Нагорна В.О. Якість буряків. Оптимальні режими переробки буряків різної якості. К. : ІПК Мінагропрому України. - 1998. - 70 с.

9. Нагорна В.О. Зольність цукру – важливий показник якості цукру//Цукор України. - 1993. - №3. - 25-28 с.

10. Олейник С.И. Влияние сахара белого на стойкость ликероводочной продукции. Цукор Украины. - 2013. - №9. - С. 48-52.

11. Сапронов А.Р. Технология сахара/ А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев// С.-П. : Профессия. - 2013. - 294 с.

12. Сахарная промышленность. – 1974. – №11. – С. 21.

13. Силаев А.В. Сахара в индустрии напитков// Food and Drinks/- 2005. - №1. - Р. 2-7.

14. Чернявская Л.И. Контроль сахарного производства в зависимости от требований потребителей сахара: технологические аспекты//Сахар. - 2009. - №7. - С. 39-47.

15. Чернявская Л.И. Сахар. Методы определения показателей качества /Л.И. Чернявская, В.П. Адамович, Ю.А. Зотова//Киев : Фитосоциоцентр. - 2007. - 268 с.

16. Чернявская Л.И. Как добиться качества сахара экспортного потенциала/Сахар. – 2017. – №6. – С. 22-27.

17. Чернявская Л.И. Технохимконтроль сахара-песка и сахара – рафинада/Л.И. Чернявская, А.П. Пустоход, Н.С. Иволга// М. : Колос. - 1995. - 359 с.

18. Требования к сахару, идущему для приготовления напитков длительного хранения - Нормативные документы производителей.

19. Новое оборудование для фильтрации сиропов/ З. Навратил, Я. Малек, В.Н. Кухар, Л.И. Чернявская//Сахарная промышленность. - 1999. - №1. - С. 16-21.