

Развитие сахарной отрасли по направлению эффективного взаимодействия с потребителями

Е.А. ТАРАСОВА, канд. техн. наук

К.Б. ГУРЬЕВА, канд. техн. наук

ФГБУ «Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва»

А.А. СЛАВЯНСКИЙ, д-р техн. наук (e-mail: mgutu-sahar@mail.ru)

Н.Н. ЛЕБЕДЕВА, канд. техн. наук (e-mail: n.lebedeva@mgutn.ru)

Д.П. МИТРОШИНА, аспирант (e-mail: d_mitr96@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»

Введение

Сахарная отрасль входит в область стратегических интересов России. За последние годы наблюдается стабильный рост производственных показателей отечественных сахарных заводов, благодаря чему Российская Федерация вошла в десятку крупнейших производителей сахара в мире, занимает второе место после стран ЕС по производству сахара из сахарной свёклы, покинув при этом рынок сахара-сырца. По данным Росстата, импорт сахара в Российскую Федерацию за последние 10 лет сократился на 41 % [1].

От объёмов производства и ассортимента продукции сахарной промышленности зависит уровень обеспечения потребности населения в социально значимом продукте питания, а также функционирование многих отраслей перерабатывающей промышленности (кондитерской, молочной, безалкогольной, спиртовой, хлебопекарной, винодельческой, пивоваренной и др.). Доля сахара белого (далее – сахар), поступающего в промышленную переработку, с каждым годом увеличивается. Отечественные промышленные потребители в связи с особенностями технологических процессов предъявляют более высокие требования к регламентируемым показателям качества и безопасности сахара, а также формиру-

ют дополнительные требования, не установленные нормативными документами [2, 3].

Обзор показателей качества, контролируемых крупными потребителями сахара, показал существенное различие с установленными ГОСТ 33222-2015 допустимыми значениями по массовой доле влаги, цветности в растворе, массовой доле золы, гранулометрическому составу, содержанию диоксида серы [4]. Ввиду отсутствия количественной оценки органолептических показателей сахара сравнение данных требований не представляется возможным.

Показатели качества и методы исследований сахара для промышленной переработки

К перечню значимых для производителей продуктов питания качественных показателей сахара, кроме установленных ГОСТ 33222-2015, относятся: мутность раствора, содержание взвешенных частиц, содержание солей кальция, рН сахара, содержание сапонины, наличие крахмала, скорость растворения кристаллов, средний размер кристаллов, способность к флокулообразованию при подкислении.

Массовое применение в середине 90-х гг. прошлого века отечественными сахарными заводами в качестве сырья сахара-сырца выявило

необходимость идентификации готовой продукции по виду используемого сырья и контроля содержания в ней крахмала. На сегодняшний день действует национальный стандарт ГОСТ Р 54641-2011 «Сахар. Метод определения крахмала», описывающий количественное определение продуктов деструкции крахмала и позволяющий достоверно установить источник происхождения сахара.

В качестве идентификационного признака свекловичного сахара принято рассматривать количественное содержание сапонины, переходящего в готовую продукцию из сахарной свёклы. В то же время присутствие сапонины является причиной сильного пенообразования сахарных растворов, поэтому нормирование данного показателя для промышленных предприятий выступает некой гарантией отсутствия заметного пенообразования растворов сахара [2]. В настоящее время в отечественной нормативной базе нет метода определения сапонины в продукции сахарного производства.

Мутность раствора сахара и содержание в нём взвешенных частиц согласно ГОСТ 33222-20215 не являются строго установленными показателями для оценки качества сахара. Прозрачность раствора сахара, наличие нерастворимого осадка и других примесей кон-

тролируется органолептическим показателем «чистота раствора», который определяется визуально. Допустимое значение опалесценции для сахара категорий ТС1 и ТС2 не нормируется. В связи с отсутствием в нашей стране нормативного документа, описывающего количественный метод определения мутности полупродуктов и готовых продуктов сахарного производства, для контроля мутности раствора сахара при оценке его качества используют методику ICUMSA GS2/3-18.

Помутнение растворов сахара вызывают присутствующие в нём коллоиды. В состав коллоидов могут входить органические (крахмал, декстрин, белки и др.) и неорганические (кальциевые соли кремниевой и фосфорной кислот, окись кремния и пр.) соединения. При разработке метода исследования сахара, определяющего количество коллоидов, может быть использован известный способ определения коллоидов в растворе сахара [5].

Одной из причин мутности раствора сахара является наличие в нём труднорастворимых солей кальция. Определение содержания солей кальция в сахаре относится к обязательным исследованиям на этапе контроля качества сырья при производстве кондитерских изделий, напитков безалкогольных и на основе соков, ликёрово-водочных изделий и пр. В целях обеспечения точности результатов и сокращения времени испытаний производителям предложен способ определения солей кальция в растворах сахарного производства [6]. Для определения содержания солей кальция в сахаре разработана соответствующая методика [7]. Следует отметить, что перечисленные документы не относятся к нормативным, а ГОСТ 33222-2015 не предусматривает требования к содержанию солей кальция в сахаре.

Востребованным методом контроля примесей в сахаре, используемым при производстве алкогольных и безалкогольных напитков, а также некоторых видов кондитерской продукции, является флок-тест, который определяет флокулообразующую способность растворов при подкислении. Причиной образования флокул (хлопьев) в подкисленных растворах может быть наличие в сахаре сапонинов, продуктов деструкции крахмала, солей кальция, белков, пептидов и других микронутриентов. В России ввиду отсутствия аттестованной методики для определения флокулообразующей способности растворов применяют методику ICUMSA GS2/3-40B и GS2/3-40A, рекомендованные в работах [8, 9].

Производители кондитерских изделий предъявляют требования к скорости растворения кристаллов, которая зависит от гранулометрического состава сахара. Для объективной оценки гранулометрического состава сахара в ГОСТ 12579-2013 включена статистическая оценка размеров кристаллов, образовавшихся фракций при рассеивании с определением среднего размера кристаллов и коэффициента неоднородности, характеризующих дисперсность и однородность кристаллов. Однако применение данных показателей затруднено по причине отсутствия норм и критериев оценки их качества.

Необходимость хранения запасов сахара

Увеличение производственных мощностей отечественных сахарных заводов позволило предприятиям выработать в 2019 г. 7 264 тыс. т сахара [1]. Это на 25 % больше объёма внутреннего потребления [10]. В условиях отсутствия возможности реализовать на внешнем рынке весь экспортный потенциал, в 2020 г. производство сахара сократилось до 5 794 тыс. т

и привело к необходимости хранения переходящих его запасов. Актуальным вопросом для производителей стало сохранение качества сахара в условиях продолжительного предпродажного периода хранения. В процессе хранения в сахаре протекает ряд физико-химических процессов, которые при неблагоприятных условиях хранения ухудшают его качество (нарастание цветности, массовой доли влаги и редуцирующих веществ, ухудшение внешнего вида).

Одним из нестабильных показателей качества сахара при хранении является внешний вид. Потеря сыпучести и комкование сахара при хранении в упаковке связана с его гигроскопичностью и гранулометрическим составом (средний размер кристаллов, коэффициент неоднородности). Большое влияние оказывают также массовая доля влаги в продукте и его температура при упаковывании, вид упаковочного материала, условия складирования [11].

Влияние внутримолекулярной влаги на качество кристаллов сахара

Потеря сыпучести с образованием комков сахара при хранении происходит в результате повторной кристаллизации микроразделов сахара в поверхностной плёнке пересыщенного сахарного сиропа, которая образуется на поверхности кристалла при его увлажнении. Определение содержания массовой доли влаги в сахаре арбитражным методом по ГОСТ Р 54642-2011 устанавливает содержание свободной влаги в сахаре, но не позволяет определить содержание внутримолекулярной влаги, которая способна диффундировать к поверхности кристалла в процессе длительного хранения сахара и тем самым увеличить вероятность комкования. Перспективным методом оценки содержания внутримолекулярной влаги в кристаллическом сахаре

является метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

Метод ЯМР позволяет изучать электронное (химическую связь) и топологическое строение (стереохимию молекул, расположение атомов в кристаллической решётке и аморфных твёрдых телах), динамические свойства атомов и молекул веществ в жидком, твёрдом и газообразном состояниях.

Исследование в ФГБУ НИИПХ Росрезерва возможности использования для изучения сахара спектроскопии ЯМР высокого разрешения на ядрах ^1H показало, что в спектрах ЯМР ^1H образцов сахара присутствует широкая линия с шириной на полувысоте $\Delta\nu \approx 30000\text{--}50000$ Гц, обусловленная диполь-дипольными $^1\text{H}\text{--}^1\text{H}$ взаимодействиями неподвижных протонов молекул сахарозы в структуре сахара, и узкая центральная линия с шириной на полувысоте $\Delta\nu \approx 600\text{--}4000$ Гц, соответствующая подвижным протонам молекул воды в образцах сахара. Основные параметры узкой центральной линии в спектре ЯМР ^1H образцов сахара: относительная интегральная интенсивность, пропорциональная содержанию влаги в образцах, химический сдвиг и ширина линии на их полувысоте. Принимая суммарную интегральную интенсивность в спектре ^1H сахара за 100 %, относительная интегральная интенсивность узкой центральной линии будет соответствовать процентному содержанию подвижных протонов (подвижных молекул воды) в образце сахара [12].

На рис. 1 показаны спектры ^1H различных по размеру кристаллов образцов сахара. Из них видно влияние размера кристаллов на параметры узкой центральной линии, характеризующей содержание влаги в образцах.

Установлена зависимость параметров (ширина линии на полувысоте, относительная интегральная

интенсивность центральной узкой линии) от размера кристаллов сахара. Интенсивность узкой линии, характеризующая процентное содержание подвижных протонов, растёт с увеличением размера кристаллов, а относительные интегральные интенсивности соответствуют следующим значениям (%): 0,18; 0,36; 0,38; 0,35 (спектры от нижнего к верхнему).

С помощью спектроскопии ЯМР показана возможность эффективного удаления внутримолекулярной влаги при кондиционировании сахара. На рис. 2 представлены спектры ЯМР ^1H образцов сахара до кондиционирования (№ 1) и после кондиционирования (№ 2).

Относительная интегральная интенсивность у образца сахара до кондиционирования составила 12,6 %, у образца сахара после кондиционирования — 0,47 %. Согласно полученным параметрам спектров кондиционирование сахара уменьшило процентное со-

держание подвижных протонов (подвижных молекул воды) почти в 27 раз.

По результатам применения метода ЯМР при изучении содержания внутримолекулярной влаги в кристаллах сахара разработан способ получения сахара для длительного хранения, позволяющий получать сахар низкой гигроскопичности и предусматривающий кондиционирование сахара перед упаковыванием в три этапа с изменением параметров поступающего воздуха: на первом этапе сахар продувается в течение 24 часов воздухом температурой $40\text{--}45$ °C и относительной влажностью 40–42 %; на втором этапе на кондиционирование в течение 24 часов подаётся воздух температурой $32\text{--}33$ °C и относительной влажностью 32–35 %; на третьем этапе в течение 24 часов подводится воздух температурой $22\text{--}25$ °C и относительной влажностью 25–28 % [13].

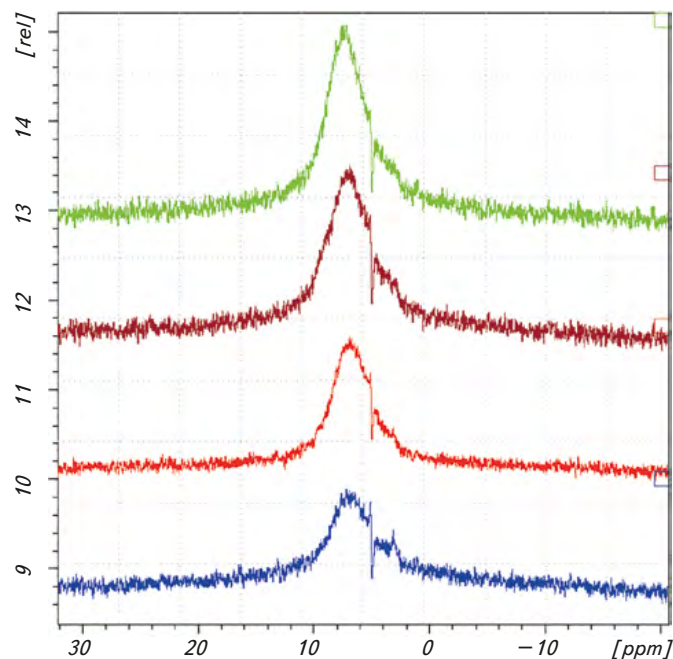


Рис. 1. Растянутые центральные части спектров ЯМР ^1H образцов сахара:
— синий спектр — размер кристаллов от 0,41 до 0,8 мм включительно;
— красный спектр — размер кристаллов от 0,81 до 1,0 мм включительно;
— коричневый спектр — размер кристаллов от 1,1 до 1,4 мм включительно;
— зелёный спектр — размер кристаллов больше 1,4 мм

Направление развития отраслевой стандартизации на продукцию сахарного производства

Обеспечение сохранности сахара при хранении невозможно без расширения контролируемых показателей, установления более высоких требований к его качеству, барьерным свойствам упаковки, условиям хранения [14].

В нормативной базе сахарной отрасли нашей страны представлен ГОСТ 26907-86, в котором установлены условия длительного хранения сахара: требования к температурно-влажностному режиму хранения, упаковке и упаковочным материалам, складам и технологии складирования, срокам хранения. Однако изменение терминологии продукции сахарной промышленности согласно ГОСТ 26884-2018 исключает возможность использования ГОСТ 26907-86 в отношении сахара, отвечающего требованиям ГОСТ 33222-2015, в связи с несоответствием области его применения. Рассмотрение ГОСТ 26907-86

с точки зрения рационального подхода к сохранности сахара и оптимизации его хранения показало необходимость обновления перечня продукции сахарной промышленности, закладываемой на длительное хранение, актуализации требований к упаковочным материалам и способам упаковывания, установления чётких параметров микроклимата в складе, внесения требований к качеству и безопасности сахара, обеспечивающих его сохранность на протяжении длительного хранения, а также рекомендуемых сроков хранения в зависимости от условий хранения и исходного качества продукции.

Таким образом, перспективным направлением отраслевой стандартизации считаем введение в действие стандарта, учитывающего вышеперечисленные предложения, что позволит производителям сахара при соблюдении установленных требований осуществлять длительное предпродажное хранение, а также обеспечить требования потребителей,

предусматривающих длительное хранение продукции.

Развитие отраслевой стандартизации в направлении разработки стандартов на сахар как продукцию направленной области применения будет действенным решением регулирования отношений производителей и потребителей сахара. Закрепление на государственном уровне научно обоснованных требований к сахару в виде стандартов, ориентированных на промышленных потребителей отдельных отраслей пищевой промышленности (кондитерской, молочной, безалкогольной, спиртовой, хлебопекарной, винодельческой, пивоваренной и др.), позволит сахарным заводам увеличить конкурентоспособность своей продукции, а производителям продуктов питания — получать сахар, отвечающий заданным требованиям.

Заключение

Необходимость присутствия новых контролируемых показателей в нормативных документах неразрывно связана с совершенствованием методов контроля качества и безопасности в области стандартизации продукции сахарной промышленности. Наиболее ожидаемыми для потребителей сахара методами испытаний сахара являются определение сапонина, мутности раствора, содержание солей кальция, скорости растворения кристаллов, способности к флокулообразованию при подкислении.

Массовое применение метода ЯМР при исследовании сахара в настоящее время затруднено по причине сложности интерпретации полученных результатов. Совершенствование и дальнейшее внедрение методик ЯМР также является одним из направлений повышения эффективности системы оценки качества сахара.

Вместе с тем производство сахара высокого качества направленной области применения в комплексе

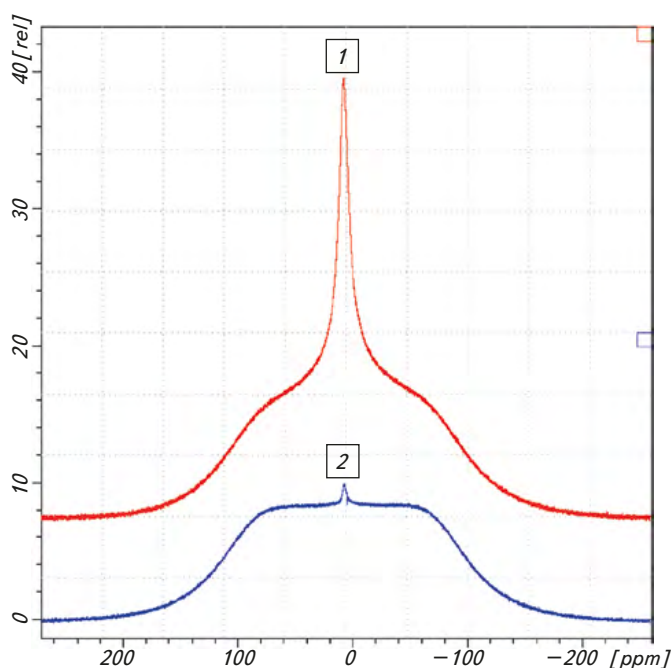


Рис. 2. Спектры ЯМР ^1H образцов сахара до кондиционирования (№ 1) и после (№ 2)

с эффективными стандартизированными методами контроля показателей качества и безопасности позволит повысить экспортный потенциал сахарной промышленности, развивая экспортоориентированность продукции агропромышленного комплекса России в целом.

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2021. Краткий статистический сборник [Электронный ресурс] // <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12993>.

2. Кретова, Я.А. Формирование базы данных требований потребителей к качеству сахара / Я.А. Кретова, И.С. Михалёва // Будущее науки — 2019 : сб. научн. ст. 7-й Междунар. молодёжн. научн. конф. Курск, 25–26 апреля 2019 г. — Курск : Юго-Западный гос. ун-т, 2019. — С. 323–326.

3. Результаты мониторинга флокулообразующей способности растворов белого сахара / М.И. Егорова, Л.Н. Пузанова, И.С. Михалёва, Я.А. Кретова // Достижения науки и техники АПК. — 2021. — Т. 35. — № 3. — С. 67–72. — DOI 10.24411/0235-2451-2021-10312.

4. Развитие национальной инфраструктуры качества в области сахарной промышленности / Е.А. Тарасова, К.Б. Гурьева, А.А. Славянский и др. // Сахар. — 2021. — № 5. — С. 20–23. — DOI 10.24412/2413-5518-2021-5-20-23.

5. Авторское свидетельство № 1172941 А1 СССР, МПК С13Д 3/14. Способ определения коллоидов в растворе сахара-песка : № 3716294 : заявл. 26.03.1984 : опубл. 15.08.1985 / И.Ф. Бугаенко, Г. Мария, Е.П. Ишина; заявитель Московский ордена трудового красного знамени технологический институт пищевой промышленности.

6. Патент № 2025728 С1 Российская Федерация, МПК G01N

33/02. Способ определения солей кальция в растворах сахарного производства: № 4946012/13 : заявл. 14.06.1991 : опубл. 30.12.1994 / И.Ф. Бугаенко, М.Б. Мойсеяк; заявитель Московская государственная академия пищевых производств.

7. Содержание зольных элементов в белом сахаре, методы их контроля и снижения / Л.И. Чернявская, Ю.А. Моканюк, В.Н. Кухар, А.П. Чернявский // Сахар. — 2017. — № 11. — С. 40–47.

8. Славянский, А.А. Сахар-песок как сырьё для производства карамели / А.А. Славянский, С.В. Штерман, З.Г. Скобельская // Кондитерское производство. — 2001. — № 1. — С. 14–16.

9. Славянский, А.А. Специальная технология сахарного производства. — 2 изд., испр. — СПб. : Лань, 2020. — 216 с.

10. Николаева, М.А. Экспортоориентированность и импортозамещение как стратегические направления развития агропромышленного комплекса России / М.А. Николаева, Л.В. Дуканч // Российский внешнеэкономический вестник. — 2020. — № 11. — С. 106–117. — DOI 10.24411/2072-8042-2020-10116.

11. Гурьева, К.Б. Длительное хранение сахара-песка в полимерной упаковке и потеря сыпучести / К.Б. Гурьева, Ю.И. Сидоренко. — Матер. 9-й междунар. конф. «Кон-

дитерские изделия XXI века». — 2013. — С. 137–138.

12. Применение ЯМР-спектроскопии для оценки состояния воды в кристаллах сахара-песка при хранении / Е.А. Тарасова, К.Б. Гурьева, В.И. Привалов, Ю.И. Сидоренко // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. — 2015. — № 3(3). — С. 303–315.

13. Патент № 2540100 С2 Российская Федерация, МПК С13В 30/00. Способ получения сахара для длительного хранения : № 2013129228/13 : заявл. 27.06.2013 : опубл. 10.02.2015 / В.Л. Уланов, К.Б. Гурьева, Ю.И. Сидоренко, Е.А. Тарасов; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт проблем хранения» Федерального агентства по государственным резервам.

14. Взаимосвязь процессов и показателей качества сахара-песка и пути воздействия для обеспечения сохранности при длительном хранении / К.Б. Гурьева, Е.А. Тарасова, О.Н. Магаюмова, Ю.И. Сидоренко // Товароведение, общественное питание и технологии хранения продовольственных товаров : Сб. матер. VI Межведомственной научно-практич. конф. — М. : МГУПП, 2014. — С. 118–121.

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы взаимодействия производителей белого сахара с промышленными потребителями. Показана актуальность введения нормативных документов, гармонизированных с требованиями производителей продуктов питания. Предложены возможные направления совершенствования сахарной отрасли.

Ключевые слова: сахар белый, качество, безопасность, методы контроля, мутность раствора, содержание солей кальция, массовая доля влаги, примеси, хранение.

Summary. The article deals with the problems of interaction between white sugar producers and industrial consumers. The relevance of the introduction of regulatory documents harmonized with the requirements of food manufacturers is shown. Possible directions for improving the sugar industry are proposed.

Keywords: white sugar, quality, safety, control methods, solution turbidity, content of calcium salts, mass fraction of moisture, impurities, storage.