

Оценка качества сахарной свёклы^S

Ю.И. ЗЕЛЕПУКИН, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии бродильных и сахаристых производств
 (e-mail: yura.zelepukin.57@mail.ru)
 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
С.Ю. ЗЕЛЕПУКИН, инженер-технолог
 ООО «Вестерос»

Введение

Производство сахара занимает значительное место в экономике многих стран мира. Сырьём для выработки этого продукта являются сахарный тростник и сахарная свёкла. В нашей стране сахар получают из сахарной свёклы. По сравнению с производством на европейских сахарных заводах (во Франции, в Германии, Дании, Голландии и др.) на российских предприятиях отмечается некоторое отставание по экономическим показателям. Так, в отечественном свеклосахарном производстве примерно в два раза выше потери сахарозы при хранении свёклы и её транспортировке. Отмечены также превышение по данному показателю при переработке свёклы и, кроме того, более низкий выход сахара по заводу.

Важнейшими характеристиками технологического качества сахарной свёклы неизменно являются её сахаристость и общая загрязнённость. Именно эти параметры учитывают в первую очередь на отечественных сахарных заводах при приёмке свёклы на переработку, для чего сырьевые лаборатории оснащены линиями РЮПРО (определяет общую загрязнённость) и УЛС-1 (определяет сахаристость) [1–4]. Сахаристость в значительной степени влияет на выход сахара по заводу и эффективность производства в целом, но в настоящее время оценивать качество сахарной свёклы по этим двум показателям недостаточно.

Качественные показатели свёклы

Необходимо учитывать не только сахаристость свёклы, но и количественный и качественный состав нес сахаров, содержащихся в ней. Почти все нес сахара являются сильными мелассообразователями, они оказывают существенное влияние на работу завода при переработке корнеплодов и выход сахара, поэтому оценивать сырьё только по сахаристости недостаточно. Наиболее значительное воздействие на выход сахара оказывают ионы калия, натрия и альфа-аминного азота, к которому относят низкомолекулярные азотсодержащие соединения, так называемый «вредный» азот [5]. В основном это аминокислоты и их

амиды. Именно наличие альфа-аминного азота в соках свеклосахарного производства способствует термическому разложению сахарозы, нарастанию цветности и т. п. (см. табл.).

На состоявшемся в начале июня 2021 г. восьмом технологическом семинаре производителей сахара стран ЕАЭС «Клуб технологов», который проводился в г. Воронеже, многие специалисты интересовались, как следует правильно, с технологической точки зрения, оценивать качество сахарной свёклы. На сегодняшний день считается, что содержание ионов калия, натрия и альфа-аминного азота наряду с сахарозой является важнейшим показателем, характеризующим технологическое качество сахарной свёклы [6]. Именно эти показатели определяют современные автоматизированные линии по оценке качества свёклы (Venema, Betalyser, Analyser, RE, LO и т. п.). Их начинают устанавливать и на отечественных передовых сахарных заводах.

Средства определения качества свёклы

Количество и качество сахарной свёклы влияют на размер выплат её производителям, следовательно, при приёмке между сдатчиками и заготовителями могут возникать спорные вопросы относительно качества сырья, которое зависит от загрязнённости и сахаристости. Контроль качества принимаемой свёклы возложен на сырьевую лабораторию сахарного завода, и от итогов её работы зависит правиль-

Влияние состава свёклы на выход сахара

Сахаристость, %	Содержание, ммоль/100 г свёклы		Альфа-аминный азот, мг/100 г свёклы	Выход сахара, %
	K ⁺	Na ⁺		
15	7,0	1,5	50	11,72
15	5,0	1,0	40	12,84
17	5,5	1,2	40	14,47
17	4,5	0,8	20	15,11

ность финансовых расчётов за принятое сырьё. Результаты анализов сырьевой лаборатории должны быть доступны, достоверны и не вызывать сомнений, что позволит исключить возникновение конфликтов между сдатчиками и приёмщиками. Получение достоверных результатов возможно в тех случаях, когда сырьевые лаборатории оснащены современной техникой и приборами, т. е. влияние человеческого фактора на результаты измерения сведено к минимуму.

Руководства агропромышленных фирм проводят обследование сырьевых лабораторий сахарных заводов на предмет технического оснащения и возможности выполнять возложенные на них функции по определению качества сырья. Всесторонняя оценка потенциала сырьевых лабораторий предотвратит проблемные вопросы по качеству сахарной свёклы. Доверительные отношения между производителями и потребителями позволят заключать долгосрочные договоры по поставкам сырья на заводы, что повысит работоспособность и укрепит финансовое положение сахарных заводов и сельхозпроизводителей, занимающихся выращиванием культуры.

На линии загрязнённости взвешивание на электронных весах позволяет быстро и достоверно установить коэффициент загрязнённости, при этом лаборанты не имеют возможности внести какие-либо коррективы в чью-либо пользу. После регистрации веса нетто печатается этикетка со штрих-кодом, по которой идентифицируется лабораторный анализ. Код на этикетке соответствует коду безконтактной метки с автомобиля, доставившего сырьё. Лаборант не знает, чья проба находится на анализе и не может перепутать её с другими, так как ёмкости имеют штрих-кодовые метки и не важно, в какой последовательности они приходят — на анализ сахаристости или полный анализ химических свойств (при установленной системе Betalyser). Данные по загрязнённости и химическим показателям фиксируются в базе, доступ к которой имеют только начальник лаборатории и иные ответственные лица.

Безличные анализы позволяют получить достоверные данные, а в совокупности с результатами весового контроля формируется полная картина по количеству и качеству принимаемого сырья.

Модернизация сырьевой лаборатории свеклосахарного завода должна базироваться на внедрении новейших систем автоматизации, управления, измерения и сбора информации. Необходимо рассматривать возможность полной замены агрегатов и модернизацию имеющегося у заказчика оборудования. При этом следует обеспечить функциональную связь устанавливаемого оборудования и агрегатов для исследования физико-химических показателей. Основная задача такой

модернизации состоит в том, чтобы создать условия для проведения быстрых обезличенных лабораторных анализов сахарной свёклы по загрязнённости и физико-химическим показателям.

Современный лабораторный комплекс для анализа качественных показателей сахарной свёклы позволяет определять вес пробы (брутто и нетто), сахаристость, содержание калия, натрия и альфа-аминного азота. Далее с помощью этих параметров вычисляют коэффициент загрязнённости пробы, её щёлочность, потери сахарозы в мелассе, условный показатель выхода готовой продукции.

Комплексы по приёмке и анализу сахарной свёклы регистрируют прибывший транспорт со свёклой электронным способом (контактной или бесконтактной электронной меткой). Регистрацию метки подтверждает электронная печать ответственного лаборанта, что является командой для начала процесса. Идентификационный код ключа преобразуется в штрих-код, который фиксируется в компьютере обработки лабораторных данных.

Для выполнения регламентных, ремонтных и сервисных работ в системе реализована возможность ручного управления агрегатами, включая весы. Каждое срабатывание агрегатов, команды управления и результаты исполнения протоколируются в файле событий для быстрого решения нештатных ситуаций. Данные программ управления взвешиванием и обработки лабораторных данных передаются в единую базу предприятия (АСП «Свёкла») по команде заведующего лабораторией в конце рабочего дня. Основой для безусловной идентификации служит соответствующий ключ, полученный с электронной метки АСП «Свёкла». В итоге формируется пакет данных с уникальным идентификатором для каждой пробы, содержащий все измеренные и вычисленные показатели.

Приёмка сырья АСП «Свёкла» выполняется автоматизированной линией отбора и подготовки проб свёклы фирмы-производителя Veneta (рис. 1, 2, 3). Эти линии уже установлены на некоторых российских сахарных заводах, однако их приобретение требует существенных материальных затрат.

Широкое распространение получили автоматизированные лабораторные системы BETALYSER, которые тоже хорошо зарекомендовали себя как инструмент анализа качественных показателей сахарной свёклы. Их работа основана на методах, соответствующих последним стандартам Международной комиссии по единым методам анализа сахара (ICUMSA). Все приборы связаны с персональным компьютером (ПК) через специальный коммутационный блок, подключённый к последовательному порту данных. Дополнительно может быть подсо-

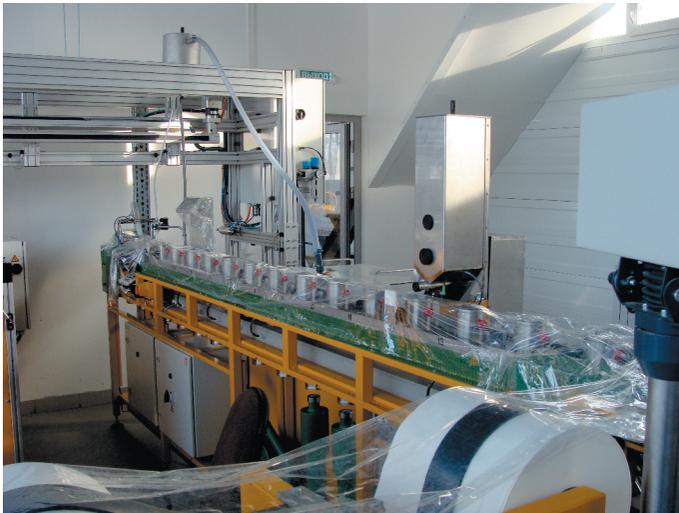


Рис. 1. Участок отбора проб сахарной свёклы автоматизированной линии Veneta

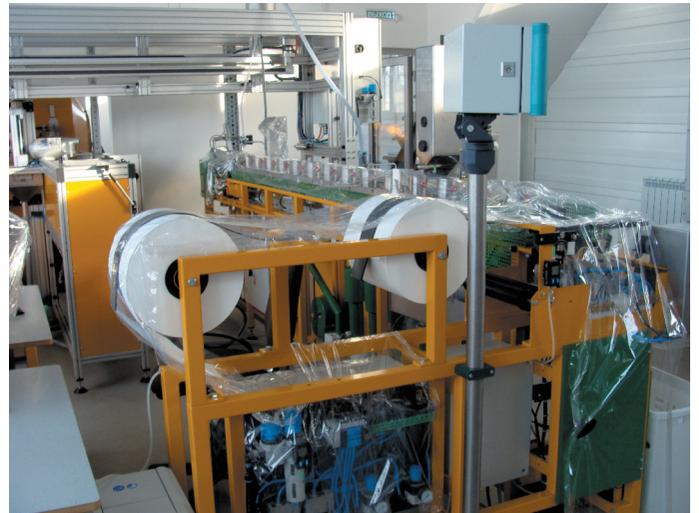


Рис. 3. Автоматизированная линия Veneta, определение сахаристости свёклы

едино устройство, считывающее штрих-код с ярлыка.

Экономическая эффективность автоматизированной системы определения сахаристости свёклы BETALYSER подтверждает её перспективные возможности. В ходе анализа определяются количество альфа-аминного азота, калия, натрия и уровень щёлочности, которые оказывают влияние на содержание сахара в мелассе, а также процент получаемого сахара от поляризации и количество сахара, который с учётом нормативно-усреднённых показателей потерь в процессе переработки получает завод на выходе от конкретной партии сахарной свёклы.



Рис. 2. Участок подготовки проб сахарной свёклы автоматизированной линии Veneta

Используя потенциал перечисленных систем, становится возможным:

- построить стройную систему взаимоотношений между поставщиками сахарной свёклы и её переработчиками;
- уменьшить потери свекломассы и сахара при хранении корнеплодов;
- увеличить выход сахара и снизить его себестоимость;
- на основе предварительных данных построить график приёмки сахарной свёклы;
- проанализировать зависимость урожайности и сахаристости от погодных условий и тем самым свести к минимуму риски, обусловленные непогодой, и т. д.

Учитывая сложное финансовое положение большинства российских свеклосахарных заводов, с экономической точки зрения возможна установка линии MINILAB (рис. 4, 5). Данный комплекс полностью заменит устаревшую линию УЛС.

Минимальный комплект оборудования для сырьевой лаборатории позволяет:

- автоматизировать процессы подготовки проб и измерений;
- ускорить эти процессы;
- существенно снизить влияние человеческого фактора на результаты измерений.

Задача оператора комплекса сводится к перемещению пробы между агрегатами и нажатию стартовых кнопок, его квалификация как лаборанта сырьевой лаборатории значения не имеет, поэтому для выполнения этих функций можно привлекать низкооплачиваемого сезонного работника.



Рис. 4. Участок по определению сахаристости свёклы линии MINILAB

Комплекс прост в обслуживании. Система автоматического разведения и дозировки DILUDOS DDS позволяет быстро и качественно подготовить смесь свекловичной кашицы с раствором ацетата свинца без участия человека. Прибор управляется компьютером. В программу введены пропорции согласно ГОСТу [5], и система самостоятельно дозирует раствор.

Анализ осуществляется на автоматическом сахариметре SUCROMAT MCP. Это высокотехнологичное изделие производства Anton Paar OptoTec GmbH, разработанное в первую очередь для работы в сырьевых лабораториях сахарных заводов. Задача оператора — залить испытуемый раствор в воронку измерительной ячейки, измерение происходит автоматически. Управление прибором SUCROMAT также осуществляется с персонального компьютера.

Установка современных автоматизированных линий по определению загрязнённости и сахаристости свёклы позволяет добиться того, что лаборант не влияет на приготовление пробы, так как вес кашицы, положенной на весы, не имеет значения — компьютер пересчитает пропорции и добавит необходимое количество реагентов пропорционально её весу. Все операции по проведению анализов тоже автоматизированы, что сводит к минимуму влияние человеческого фактора на результат измерения. Таким образом, модернизация сырьевых лабораторий в части оснащения автоматическими линиями по определению загрязнённости и сахаристости свёклы является необходимой и перспективной, поскольку позволит улучшить их работоспособность и повысить качество процессов.

Однако следует отметить, что согласно ГОСТ33884-2016 работоспособность комплексов (систем) по определению качественных показателей сахарной свёклы необходимо периодически подвергать проверке путём параллельных анализов по определению сахаристости свёклы методом горячей дигестии. Данный процесс целесообразно проводить в присутствии контролёров — независимых аудиторов, знакомых с соответствующими методиками.

Возможная погрешность при определении сахаристости подвяленной свёклы

На вышеупомянутом технологическом семинаре специалисты задали вопрос о возможной погрешности при определении сахаристости свёклы методом горячей и холодной водной дигестии, особенно при анализе подвяленных корнеплодов. В последнем случае отмечается неумышленное искажение столь важного показателя, как сахаристость [7]. Общепринятая методика не обеспечивает точности определения сахаристости сильно увядших корнеплодов, потому что в предложенной ГОСТ Р 53036-2008 методике используется неизменное количество осветлителя (раствор свинцового уксуса) в количестве 178,2 мл (п. 4.8.3.2 и 4.8.3.3), а оно должно быть расчётным (200 мл минус объём, занимаемый клеточным соком). Фактически сок составляет от 13 до 21 мл. Расчёт данного количества напрямую зависит от содержания в корнеплоде воды, что особенно актуально для подвяленной свёклы.

Следует отметить, что ни один из общеизвестных методов определения сахарозы не является безупречным. Полного удаления оптически активных неса-



Рис. 5. Участок подготовки пробы свёклы линии MINILAB

харов достичь невозможно, что вызывает неизбежные ошибки. Однако эти ошибки весьма малы, и для практики технического контроля поляриметрический метод определения сахарозы вполне пригоден. В немногочисленных сообщениях о применении метода спиртовой дигестии можно наблюдать расхождение результатов горячей спиртовой дигестии и метода изотопного разбавления, который можно принять в качестве арбитражного.

Спорным вопросом является объём раствора, содержащегося в навеске кашки свёклы, или, иными словами, какой объём после дигестии занимает в растворе мякоть, содержащаяся в пробе. На этот объём оказывают влияние следующие факторы: массовое содержание сухих веществ мякоти, плотность мякоти, содержание в мякоти коллоидносвязанной воды.

Вследствие изменчивости местных условий не рекомендуется унифицировать объём воды, добавляемой при дигестии, оставляя окончательное решение за производителями сахара. Величина осветлителя в количестве 178,2 см³ зависит от многих факторов. Поэтому рекомендован ряд формул для расчёта объёма сока в навеске 26 г свекловичной кашки.

Чтобы определить сахаристость свёклы методом горячей или холодной дигестии, используют разбавленный раствор ацетата свинца (25 см³ основного ацетата свинца или 3,5 г сухого осветлителя на 1 л), который помещают в автоматическую пипетку вместимостью 178,2 см³.

Для установления коэффициента увядания корнеплодов и получения действительных значений сахаристости необходимо рассчитать и ввести поправочные коэффициенты, внести соответствующие изменения в нормативные документы на сахарную свёклу. Эти меры помогут исключить возникновение спорных ситуаций между сельхозпроизводителями и переработчиками сахарной свёклы в отношении качества сырья.

Вывод

Рассмотренные в статье вопросы позволят технологической службе сахарных заводов достоверно оценивать качество сырья и выстраивать правильный технологический режим переработки сахарной свёклы с целью получения максимально возможного выхода сахара.

Список литературы

1. ГОСТ Р 33884-2016 «Свёкла сахарная. Технические условия».
2. ГОСТ Р 53036-2008. «Свёкла сахарная. Методы испытания». — М. : Стандартинформ, 2009. — 10 с.
3. Методические указания. Линия «РЮПРО» для отбора проб и определения загрязнённости свёклы.

Методы и средства поверки. РД 50-384-83. — М. : Издат. стандартов, 1983.

4. Методические указания. Полуавтоматическая линия УЛС-1 для определения сахаристости свёклы. Методы и средства поверки. РД 50-391-83. — М. : Издат. стандартов, 1983.

5. Бугаенко, И.Ф. Анализ потерь сахара в сахарном производстве и пути их снижения / И.Ф. Бугаенко. — Курск : АП «Курск», 1994. — 128 с.

6. Методы оценки технологических качеств сахарной свёклы с использованием показателей содержания калия, натрия и альфа-аминного азота, определённых в свёкле и продуктах её переработки / В.Н. Кухар, А.П. Чернявский, Л.И. Чернявская, Ю.А. Моканюк // Сахар. — 2019. — № 1. — С. 18–36.

7. Добжицкий, Я. Химический анализ в сахарном производстве / Я. Добжицкий. — Пер. с польск. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу оценки качества сахарной свёклы. Важнейшими показателями технологического качества сахарной свёклы до сих пор являлись её сахаристость и общая загрязнённость. Было выявлено влияние на выход сахара ионов калия, натрия и альфа-аминного азота.

Рекомендуется для оценки качества свёклы использовать современные автоматизированные линии Venema, Betalyser, Analyser, RE, LO и т. п., которые позволяют определять сахаристость, общую загрязнённость свёклы и содержание в ней ионов калия, натрия и альфа-аминного азота. Рассмотренные в статье вопросы должны позволить технологической службе сахарных заводов реально оценивать качество поступающего сырья на завод и выстраивать правильный технологический режим переработки сахарной свёклы с целью получения максимально возможного выхода сахара.

Ключевые слова: показатели свёклы: общая загрязнённость, сахаристость, содержание ионов калия, натрия и альфа-аминного азота; современные автоматизированные линии Venema, Betalyser, Analyser, RE, LO.

Summary. This article is devoted to the issue of assessing the quality of sugar beet. The most important indicators of the technological quality of sugar beet so far have been its sugar content and general contamination.

The effect of potassium, sodium and alpha-amine nitrogen ions on the sugar yield was revealed.

It is recommended to use modern automated lines Venema, Betalyser, Analyser, RE, LO, etc. to assess the quality of beets, which allow you to determine the sugar content, total contamination of beets and the content of potassium, sodium and alpha-amine nitrogen ions in it.

The issues discussed in the article should allow the technological service of sugar factories to realistically assess the quality of incoming raw materials to the plant and build the correct technological regime for processing sugar beet in order to obtain the maximum possible sugar yield.

Keywords: beet indicators: total contamination, sugar content, content of potassium, sodium and alpha-amine nitrogen ions; modern automated lines Venema, Betalyser, Analyser, RE, LO.