

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ САХАРОЗЫ ИЗ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ, ОБЛАДАЮЩЕЙ НИЗКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ДИФфуЗИИ

Городецкий В.О., канд. техн. наук, Семенихин С.О., канд. техн. наук,
Котляревская Н.И.

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Швецов А.А.

*Общество с ограниченной ответственностью «Балашовский сахарный комбинат»
(р.п Пинеровка, Балашовский район, Саратовская область)*

Реферат. Коэффициент диффузии сахарозы в основном характеризуется степенью денатурации протоплазмы. Однако, большое влияние на него оказывает также проницаемость клеточной стенки, так как после денатурации протоплазмы она остается единственным барьером для сахарозы перед переходом в экстрагент. При росте корнеплодов сахарной свеклы в не оптимальных условиях, структура тканей сахарной свеклы изменяется, снижая коэффициент диффузии, ввиду чего необходима корректировка технологического режима извлечения сахарозы. В статье описан опыт переработки таких корнеплодов на ООО «Балашовский сахарный комбинат» в сезон 2017/2018 гг.

Ключевые слова: извлечение сахарозы, диффузионный сок, жом, потери сахарозы, сульфитация, сахарная свекла, гербициды, коэффициент диффузии

Summary. The diffusion coefficient of sucrose is primarily characterized by a protoplasm denaturation degree. However, the permeability of the cell wall has also a great influence it, since after denaturation of the protoplasm it remains the only barrier for sucrose before passing to the extractant. With the growth of sugar beet in non-optimal conditions, the structure of sugar beet tissue is changed, reducing the diffusion coefficient, as a consequence, the technological mode sucrose obtaining requires adjustment. The article describes the experience of processing such sugar beet at «Balashovsky Sugar Refinery» LTD in the season 2017/2018.

Key words: sucrose extraction, raw juice, pulp, sucrose losses, sulphitation, sugar beet, herbicides, diffusion coefficient

Введение. Общеизвестно, что размер пор протоплазмы (состоящей в основном из белков) клеток сахарной свеклы меньше размера молекул сахарозы, поэтому, пока клетка находится в нативном состоянии, диффузионный переход сахарозы в экстрагент практически невозможен без предварительного проведения денатурации протоплазмы (плазмоллиза) [1, 2]. После плазмоллиза сахароза из вакуоли переходит во внутреннее пространство клетки и способна диффундировать в окружающий раствор.

Согласно общепринятой технологии применяется тепловой плазмоллиз клеток, заключающийся в тепловой обработке стружки до температуры выше 60 °С, при которой происходит денатурация белка и разрушение протоплазмы. В диапазоне температур 60-75 °С коэффициент диффузии возрастает, а затем несколько уменьшается. Практически полная (стопроцентная) степень плазмоллиза наступает при воздействии температуры 70-80 °С в течение 1,5-2 мин. Однако, оптимальной температурой считается 70-72 °С, так как более высокая температура при переработке корнеплодов высокого

технологического качества приводит к «развариванию» стружки, а это, в свою очередь, к забиванию сит, препятствуя отбору диффузионного сока.

Степень денатурации протоплазмы не является единственным показателем, определяющим коэффициент диффузии сахарозы, так как на него также оказывает влияние проницаемость стенки клетки, которая после денатурации протоплазмы остается основным препятствием для перехода сахарозы в экстрагент. Ввиду этого затрудненное диффундирование сахарозы при обеспечении высокой степени плазмолиза может объясняться низкой проницаемостью стенки клетки, которая, в свою очередь, может быть вызвана рядом факторов, таких как вегетативное состояние корнеплодов (степень зрелости), их зараженность какими-либо болезнями, специфическими свойствами конкретного сорта, воздействием на корнеплоды окружающей среды в ходе их вегетации и др. Также следует отметить, что до настоящего времени еще не раскрыта молекулярная природа многих процессов жизнедеятельности, происходящих в растениях, в результате чего возникают трудности с определением первичного механизма воздействия на них гербицидов, стимуляторов роста и различного рода препаратов.

Механизм действия гербицидов тесно связан с характером и поведением вещества-токсиканта в растении, с поглощением и перемещением его по растению и с непосредственным влиянием на жизненно важные процессы: основной, промежуточный и вторичный метаболизм. Действие гербицидов на основной метаболизм проявляется в нарушении процессов образования органических соединений в ходе фотосинтеза, процессов генерирования высокоэнергетических химических связей при дыхании и окислительном фосфорилировании, в ингибировании синтеза основных клеточных полимеров – белков, нуклеиновых кислот, крахмала и клетчатки.

В результате действия гербицидов на промежуточный метаболизм нарушаются процессы распада и образования низкомолекулярных органических соединений, необходимых для нового синтеза. Действие на вторичный метаболизм выражается в нарушении синтеза различных специфических компонентов растительных клеток типа алкалоидов, пектина, кумаринов, антоциана, фитогормонов, танинов. Тем не менее, учитывая возможное негативное воздействие на технологические качества корнеплодов за счет повреждения или даже отмирания части ее ткани, при выращивании сахарной свеклы аграрии могут проводить многократную обработку корнеплодов сахарной свеклы гербицидами, так как такая обработка оказывает положительное влияние на урожайность корнеплодов за счет снижения засоренности посевов сорняками [3].

В условиях Белгородской области, при одно-двухразовом внесении смеси различных гербицидов засоренность сорняками снижается на 67-74 %, а при трехразовом – на 95 %. За счет трехразовой обработки урожайность гибридов ЛМС-94 и Геракл составила 37,0 и 55,9 т/га, что выше, чем при одно-двухразовом на 5,2-8,5 т/га. Данные по урожайности при выращивании указанных гибридов без обработки гербицидами в качестве контрольных авторы, к сожалению, не приводят.

Исследования других авторов также подтверждают эффективность трехкратной обработки посевов сахарной свеклы смесью гербицидов [4]. В условиях Краснодарского края снижение засоренности посевов сорняками составило 90-92 %, количество сорняков на контрольном участке без обработки гербицидами при этом составляло 60 шт./м². В свою очередь, урожайность контрольного участка составила 9,75 т/га, а опытных участков с трехкратной обработкой гербицидами – 30,25-31,75 т/га.

Следует отметить, что важное значение также имеют: технология обработки посевов гербицидами, а именно наличие или отсутствие предпосевной обработки; на какой неделе роста растений проводились посевные обработки, в какое время суток и при каких климатических условиях [5]. Тем не менее, результаты влияния обработки посевов сахарной свеклы гербицидами на технологические качества корнеплодов авторами не приводятся.

Таким образом, нестабильная работа диффузионного отделения, характеризующаяся низким переходом сахарозы в экстрагент и ее значительными потерями с жомом, помимо естественно-климатических условий, может являться следствием специфики выращивания корнеплодов, а именно чрезмерной обработкой различными препаратами и/или нарушением временных норм такой обработки.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись полупродукты диффузионного отделения, а именно: диффузионный сок, экстрагент, состоящий из аммиакосодержащего конденсата, барометрической воды и жомопрессовой воды, а также свежий и прессованный жом. В диффузионном соке определяли содержание сухих веществ, сахарозы и чистоту, в экстрагенте определяли его pH, в свежем и прессованном жоме – содержание сухих веществ и сахарозы [6]. Сравнительный анализ проводился по данным технологических журналов производственной лаборатории с начала производства и до 10 ноября сезона 2017 года, проводили статистическую обработку отобранных данных, далее получали усредненный результат.

Обсуждение результатов. В сезон переработки сахарной свеклы урожая 2017 года на ООО «Балашовский сахарный комбинат» возникли трудности ее переработки, совпавшие с проводимой на заводе реконструкцией диффузионного отделения. В этом сезоне был введен в эксплуатацию диффузионный аппарат ДС-8 без ошпаривателя стружки вместо используемого ранее А1-ПДС-20, оснащенного ошпаривателем. Кроме этого, для изрезывания сахарной свеклы до 3-й декады октября применялись барабанные свеклорезки ПРБ, форма получаемой стружки была пластинчатая, длина 100 граммов составляла 11,9-12,5 м, среднее количество брака – 1,3 %. После 3-й декады октября были введены в эксплуатацию дисковые свеклорезки фирмы «Putsch», форма получаемой стружки была изменена на желобчатую, длина 100 граммов составила 10,0-11,0 м, количество брака – 1,5 %.

Подача экстрагента в аппарат ДС-8 осуществлялась в одну точку для обеспечения оптимального гидродинамического режима в аппарате. В качестве компонентов экстрагента использовался аммиакосодержащий конденсат и жомопрессовая вода после ее механической очистки в пульполовушке. Смесь вод подвергалась сульфитационной обработке по схеме и на оборудовании, ранее внедренном нами в производство [7, 8, 9]. Конечное значение pH экстрагента находилось в пределах 5,3-5,5.

Выгружаемый из диффузионного аппарата свежий жом имел содержание сухих веществ 8,3 %. Далее его направляли на предварительное прессование в наклонных прессах типа ПСЖН, после чего – на глубокое прессование в пресс «Babbini PB-24» до содержания сухих веществ 24-26 %. В отдельные сутки переработки прессованный жом имел остаточное содержание сахарозы от 1,2 до 3,0 % к его массе, однако среднее значение составило 1,8-2,0 %. Таким образом, потери сахарозы с прессованным жомом в среднем за сезон составили 0,28-0,30 % к массе свеклы, что не превышало их нормативной величины.

В конечном итоге, получаемый диффузионный сок в среднем имел содержание сухих веществ 14,7-15,0 %, стабильную чистоту 89,5-90,0 % и pH 6,0-6,2. Снижение чистоты диффузионного сока до 88,0 % наблюдалось лишь несколько раз. Тем не менее, отмечены затруднения в работе диффузионного отделения. Так, при переработке свежесобранной свеклы «с колес» от ряда свеклосдатчиков периодически в диффузионном аппарате практически отсутствовало диффундирование сахарозы, наблюдались сложности с его загрузкой, а также произошел разрыв сита на жомоотжимном прессе.

В качестве мер для устранения проблем с извлечением сахарозы применяли повышение температуры по зонам диффузионного аппарата, изрезывание корнеплодов «гребешками», увеличение количества оборотов валов, однако высокого качества диффузион-

ного сока, низких потерь сахарозы с прессованным жомом, а также стабильной работы диффузионного отделения в целом при этом добиться не удалось.

Указанные проблемы отсутствовали при переработке уложенных в кагаты и хранившихся некоторое время корнеплодов от тех же свеклосдатчиков, а также при переходе на работу новоустановленных свеклорезок «Putsch» со сменой формы стружки с пластинчатой на желобчатую. Однако, при желобчатой форме стружки наблюдалось ухудшение работы пресса «Babbini», результатом чего явилось снижение содержания сухих веществ в прессованном жоме на 1-2 % (абсолютных). Указанные проблемы отсутствовали в предыдущие сезоны при работе на диффузионном аппарате ПДС-20, оснащенный ошпаривателем.

Что касается требований к стружке при работе диффузионного аппарата ДС-8, то согласно паспорту диффузионного аппарата правильной формой для обеспечения нормальной его работы является желобчатая, а ее количество должно составлять не менее 50 %. В связи с этим нарушения в работе диффузионного аппарата, наблюдаемые до 3-й декады октября, могут быть также следствием сразу двух факторов, так как до введения в эксплуатацию свеклорезок «Putsch» форма стружки была пластинчатая.

Также, согласно паспорту оборудования, температурный режим по зонам, поддерживаемый в диффузионном аппарате при переработке здоровой свеклы, должен составлять 72, 74, 74, 65 °С. Согласно журналу технологических показателей работы диффузионного отделения температурный режим поддерживался 71-74, 72-75, 72-75, 71-74 °С. Однако, это не является критическим нарушением режима работы, так как поддерживаемая производительность аппарата составляла 2800 т свеклы в сутки и была выше паспортной (2000 т свеклы в сутки), а для лучшего извлечения сахарозы в этих условиях необходима более высокая степень плазмолиза.

Температурный режим экстрагента, приведенный в паспорте диффузионного аппарата, подразумевает отдельный ввод жомопрессовой воды с температурой 55-65 °С и свежей воды с температурой 45-55 °С. Однако, при отдельном вводе жомопрессовой воды нарушается гидродинамический режим в аппарате, возрастает нагрузка на привода в результате чего наблюдается пробкообразование и неравномерность остаточного содержания сахарозы в выводимом из аппарата свежем жоме. Равномерность распределения нагрузки на привода особенно важна при эксплуатации оборудования в форсированном режиме, практически в 1,5 раза превышающем паспортное значение. Ввиду этого, наиболее целесообразным является ввод экстрагента в одну точку.

Эксплуатируемая в настоящее время на заводе схема подразумевает совместную подготовку экстрагента, состоящего из жомопрессовой воды, подвергнутой механической очистке, и аммиаксодержащего конденсата. Температура экстрагента после смешивания его компонентов – около 65 °С. Имеющаяся сульфитационная установка, оснащенная средствами автоматизации, позволяет регулировать значение pH экстрагента в широком диапазоне в зависимости от качества поступающего сырья.

Следует также отметить, что при изрезывании стружки в пластины до 3-й декады октября среднее значение содержания сухих веществ в отжатом жоме составляло 26 %, а при переходе на желобчатую форму оно снизилось до 24 %. Это свидетельствует о том, что форма стружки при прессовании имеет важное значение, так как напрямую влияет на возможность уплотнения материала на начальной стадии прессования [10]. Вызвано это тем, что пластинчатая стружка плотнее прилегает друг к другу с меньшим образованием воздушных пор между ними, в отличие от желобчатой. Снижение степени прессования, в свою очередь, влечет за собой уменьшение количества жомопрессовой воды, являющейся частью экстрагента, в результате чего недостающее количество компенсируется аммиаксодержащим конденсатом. Также увеличивается количество топлива, требуемого для высушивания прессованного жома.

Заключение. В результате анализа показателей работы завода были определены некоторые особенности режима извлечения сахарозы из свекловичной стружки, полученной из корнеплодов сахарной свеклы, выросших в условиях не оптимальных, следствием чего стал низкий коэффициент диффузии.

При отсутствии ошпаривателя перед эксплуатируемым диффузионным аппаратом при переработке свеклы с недостаточной степенью диффундирования сахарозы температурный режим по зонам следует повышать на 3-4 °С в каждой секции, практически достигая границы пептизации. Данный прием, хотя и негативно скажется на качестве диффузионного сока, однако позволит достигнуть максимальной степени извлечения сахарозы диффузионным способом, поддерживая остаточное ее содержание в свежем жоме на уровне, на котором возможно осуществлять прессовое доизвлечение с незначительным превышением нормативных потерь. Недополученная прибыль от недоизвлечения сахарозы будет значительно выше затрат на очистку диффузионного сока низкого качества.

Остаточное содержание сахарозы в жоме, выгружаемом из диффузионного аппарата, необходимо поддерживать на таком уровне, при котором возможно последующее доизвлечение ее прессованием до нормативных потерь. Так, если конструктивно диффузионный аппарат рассчитан на определенную форму свекловичной стружки, то корнеплоды сахарной свеклы следует изрезать в стружку именно указанным образом, невзирая на возможное уменьшение степени прессования и повышение расхода топлива, так как в этом случае они являются неизбежными последствиями, необходимыми для стабильной работы как самого диффузионного аппарата, так и диффузионного отделения в целом.

Литература

1. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. – СПб.: ГИОРД, 2007. – Ч. I. – 512 с.
2. Сапронов, А.Р. Технология сахара / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 296 с.
3. Хмельницкий, А.А. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от химических средств защиты растений, антидепрессантов, стимуляторов роста и биопрепаратов / А.А. Хмельницкий, Т. Мулашев // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 11. – С. 55-57.
4. Овчинникова, Ю.А. Влияние гербицидов на урожайность сахарной свеклы / Ю.А. Овчинникова, Т.А. Папикян // Молодой ученый. – 2016. – №23 (127). – С. 189-192.
5. Шпаар, Д. Сахарная свекла (Выращивание, уборка, хранение) / Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А.А. [и др.]; под ред. Шпаара Д. / М.: ИД ООО «ДЛВ Агродело». – 2012. – 315 с.
6. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. – Киев: ВНИИСП, 1983. – 479 с.
7. Молотилин, Ю.И. Сульфитационная обработка соков, сиропов и экстрагента свеклосахарного производства / Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий // Сахар. – 2013. – № 9. – С. 38-40.
8. Особенности подготовки экстрагента для диффузионно-прессового извлечения сахарозы из свекловичной стружки // В.О. Городецкий, С.О. Семенихин, Н.И. Котляревская [и др.] // Сахар. – 2015. – №1. – С. 44-46.
9. Городецкий, В.О. Сравнительный анализ основных конструктивных характеристик сульфитационных установок, эксплуатируемых на отечественных свеклоперерабатывающих предприятиях / В.О. Городецкий, С.О. Семенихин, И.Н. Люсый [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – №136 (02). – С. 15-21. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2018/02/pdf/02.pdf> (Дата обращения 12.03.2018 г.)
10. Остриков, А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.В. Логинов [и др.]. – СПб.: ГИОРД. – 2012. – 616 с.