

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ЭКСТРАГЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ САХАРОЗЫ ИЗ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

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)*

Куликов И.В., Шевченко Е.В.

*Закрытое акционерное общество «Сахарный комбинат «Курганинский»  
(Курганинск, Краснодарский край)*

**Реферат.** От эффективности проведения диффузионного процесса зависит эффективность всех последующих стадий переработки сахарной свеклы, что предопределяет себестоимость и качество товарного сахара. Извлечение сахарозы с получением диффузионного сока высокой чистоты невозможно осуществить, используя для этого некачественный экстрагент. В статье показаны теоретические особенности подготовки экстрагента, технологическая схема его подготовки, внедренная в производство на ЗАО «Сахарный комбинат «Курганинский», а также сравнительные показатели работы диффузионного отделения завода в сезоны переработки 2016/17 и 2017/18 гг.

**Ключевые слова:** извлечение сахарозы, сульфитация, диффузионный сок, жом, потери сахарозы, конденсат, барометрическая вода, жомопрессовая вода

**Summary.** The effectiveness of carrying out the diffusion process depends on the effectiveness of all subsequent stages of sugar beet processing, which determines the cost and quality of sugar. It is not possible to extract sucrose with obtaining of high purity raw juice using a poor quality extractant. Theoretical aspects of the extractant preparation and technological scheme of its preparation, implemented into production at Closed joint stock company «Sugar factory «Kurganinsky» are presented in the article, and also the comparative indicators of the work of the diffusion department of the plant during the processing seasons of 2016/17 and 2017/18.

**Key words:** sucrose extraction, sulfitation, diffusion juice, pulp, sucrose losses, condensate, condenser water, pulp press water

**Введение.** Важнейшим показателем, позволяющим судить, насколько эффективно, с технологической точки зрения, осуществляется процесс извлечения сахарозы из свекловичной стружки, является чистота диффузионного сока, получаемого при обессахаривании свекловичной стружки. Чистота диффузионного сока оказывает решающее влияние на последующие технологические процессы, а именно, при ее снижении увеличивается расход вспомогательных материалов – извести и топлива на её получение, а также сатурационного газа, необходимых для известково-углекислотной очистки сока. Другим важным показателем, определяющим эффективность диффузионного извлечения сахарозы из свекловичной стружки, является отбор диффузионного сока. Высокая величина отбора приводит к увеличению расхода условного топлива при сгущении очищенного сока до сиропа. Низкая чистота и чрезмерный отбор диффузионного сока приводят к росту себестоимости товарного сахара в результате увеличения энергетических и материальных затрат на его производство, что в конечном итоге снижает конкурентоспособность готовой продукции.

В процессе экстрагирования сахарозы особое внимание должно уделяться подготовке экстрагента, так как во многом именно от качества подаваемого на диффузию экстрагента зависят чистота и отбор диффузионного сока. Экстрагент, направляемый в диффу-

зионный аппарат, должен иметь кислую реакцию среды (значение рН 5,2-5,5), быть стерильным, мягким (с минимальной жесткостью) и не содержать различных органических и неорганических соединений, не удаляемых на известково-углекислотной очистке, способствующих повышению выхода мелассы и содержания сахарозы в ней. Это обусловливается тем, что различные по своей природе несахара, поступающие с экстрагентом, затрудняют уваривание утфелей, а повышенная минерализация увеличивает мелассообразование. При значениях рН экстрагента выше оптимальных интенсифицируется переход пектиновых соединений из ткани свеклы, снижая чистоту диффузионного сока, а также происходит «разваривание» стружки, что оказывает негативное воздействие на величину ее модуля упругости и, как следствие, не обеспечивает высокую степень прессования жома в жомоотжимных прессах [1, 2].

На современных свеклосахарных заводах России в качестве основных компонентов для получения экстрагента применяются барометрическая вода и аммиаксодержащие конденсаты выпарной станции. Жомопрессовая вода до недавнего времени не находила повторного использования и сбрасывалась на очистные сооружения – «поля фильтрации». Непопулярность использования жомопрессовой воды у технологов объясняется тем, что помимо сахарозы она содержит извлекаемые экстрагированием высокомолекулярные вещества, такие как пектин, белки, сапонин, низкомолекулярные несахара, взвешенные вещества, минеральные вещества и неорганические соли, в основном кальциевые и магниевые, а также соли фосфорной и соляной кислот, что отрицательно сказывается на качестве получаемого диффузионного сока.

Жомопрессовая вода, помимо этого, является благоприятной средой для развития микроорганизмов и ее использование без предварительной подготовки в диффузионном процессе может привести к увеличению неучтенных потерь сахарозы с 0,1-0,2 % к массе свеклы при нормальных условиях до 0,8 % и даже до 3 % при развитии дрожжевых клеток. Однако, при правильной подготовке к применению в диффузионном процессе она не только будет иметь ряд преимуществ, по сравнению с барометрической водой, но и существенно сократит (на 50-70 % к массе свеклы) потребность завода в природной воде. Кроме того, при внедрении прессов глубокого отжима осуществление обессахаривания свекловичной стружки до нормативных потерь только лишь диффузионным способом не является целесообразным, и извлечение следует осуществлять двухстадийно – диффузионным способом до достижения чистоты диффузионного сока равной чистоте клеточного сока и последующим доизвлечением сахарозы прессованием с возвратом всей жомопрессовой воды в составе экстрагента [3-7].

Избыточные аммиаксодержащие конденсаты выпарной установки, образующиеся в количестве до 75-80 % к массе свеклы, также используются в качестве компонента экстрагента. Они получили такое название, так как содержат в своем составе аммиачные соединения, в основном гидроксильные –  $\text{NH}_4\text{OH}$ , карбонатные –  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  и бикарбонатные –  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Это объясняет слабощелочную реакцию среды аммиаксодержащих конденсатов, которая составляет 8,5-9,5 единиц. Как известно, при таком значении рН усиливается переход пектиновых веществ в диффузионный сок, что не только негативно влияет на модуль упругости свекловичной стружки, но и на все последующие стадии переработки сахарной свеклы, начиная от станции известково-углекислотной очистки и заканчивая увариванием утфелей [1]. Однако, к преимуществам аммиаксодержащих конденсатов можно отнести их близость к дистиллированной воде по показателю минерализации, так как их жесткость составляет около 0,002 мг-экв/л, и они практически стерильны.

Применяемая в составе экстрагента барометрическая (природная) вода поступает в завод из открытых водоемов, что обуславливает ее достаточно высокую зараженность микроорганизмами (бактериями, дрожжами, плесневыми грибами), повышающими неучтенные потери сахарозы на диффузии. Известно, что в наибольшей степени инфициро-

вание среды в диффузионном аппарате вызывается слизиобразующей микрофлорой, особенно если источником водоснабжения служат непроточные водоемы. Кроме того, следует отметить, что повышенное содержание в барометрической воде различных неорганических и органических соединений обуславливает ее повышенную жесткость, которая может достигать 3600 мг-экв/л.

Таким образом, применение барометрической воды для проведения диффузионного процесса является крайне нежелательным и может осуществляться только в случае нехватки жомопрессовой воды и аммиаксодержащих конденсатов.

Тем не менее, достаточно длительное время на Курганинском сахарном заводе в качестве экстрагента применялась сульфитированная барометрическая вода, что являлось одним из факторов низких показателей его работы, приведших к банкротству и консервации в течение 2014 и 2015 гг. Однако, после приобретения завода Концерном «Покровский» и возобновления его работы в сезон переработки сахарной свеклы 2016/17 годов, в ходе которой были выявлены «узкие» места, модернизация отдельных участков завода с целью повышения выхода и качества готовой продукции и снижения ее себестоимости стала настоятельной необходимостью.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования являлись полупродукты диффузионного отделения, а именно, диффузионный сок, экстрагент, состоящий из аммиаксодержащего конденсата, барометрической воды и жомопрессовой воды, а также прессованный жом. В диффузионном соке определяли содержание сухих веществ, сахарозы и чистоту, в экстракте определяли его рН, в прессованном жоме определяли содержание сухих веществ и сахарозы [8].

Сравнительный анализ проводили по данным технологических журналов производственной лаборатории со 2-й по 5-ю производственные декады сезонов 2016/2017 и 2017/2018, проводили статистическую обработку отобранных данных, далее получали усредненный результат.

**Обсуждение результатов.** В результате обследования особенностей аппаратного оформления завода и его компоновки была разработана и внедрена в производство в сезон переработки 2017/18 гг. схема подготовки экстрагента, представленная на рисунке.

Для сульфитационной обработки экстрагента была выбрана схема совместной подготовки компонентов экстрагента и подачи его в диффузионные аппараты. Главным преимуществом выбранной схемы (патент РФ № 2504587) является то, что сульфитационной обработке подвергается смесь аммиаксодержащего конденсата и жомопрессовой воды, что значительно снижает ее аппаратуроемкость и количество контуров регулирования [5].

Подача барометрической воды в аккумулирующий сборник осуществляется по остаточному принципу в случае нехватки аммиаксодержащего конденсата и жомопрессовой воды или для стабилизации температуры смеси при недостаточном охлаждении аммиаксодержащего конденсата. Кроме того, подача экстрагента в диффузионный аппарат в одну точку снижает нагрузку на его привода и стабилизирует гидродинамический режим его работы. Другой отличительной особенностью схемы подготовки экстрагента является то, что подача жомопрессовой воды на пульполовушку осуществляется самотеком, в результате чего значительно снизилась стоимость реконструкции за счет исключения из нее сборника для жомопрессовой воды и одной пары насосов.

Для обработки экстрагента сернистым газом применяется усовершенствованная сульфитационная установка (патент РФ № 124680), разработанная в Краснодарском НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции и положительно зарекомендовавшая себя на более двадцати сахарных заводах Российской Федерации [9, 10]. Также предусмотрены контур рециркуляции сульфитированного экстрагента для снижения раз-

ницы значений рН экстрагента до обработки и после в целях более точного его регулирования и линия подкисления насосов барометрической воды, обеспечивающая исключение отложений солей жесткости на внутренней поверхности.

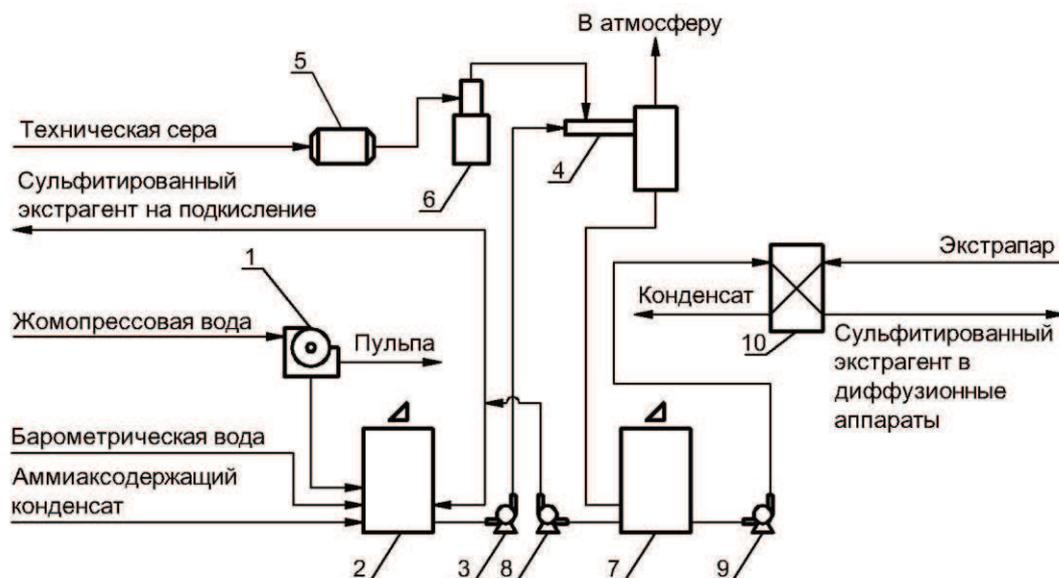


Рис. Технологическая схема подготовки экстрагента на ЗАО «Сахарный комбинат «Курганский»: 1 - Пульполовушка; 2 - Аккумулирующий сборник; 3 - Насосы экстрагента; 4 - Сульфитатор; 5 - Серосжигательная печь; 6 - Циклон-дожигатель; 7 - Сборник сульфитированного экстрагента; 8 - Насосы рециркуляции; 9 - Насосы сульфитированного экстрагента; 10 – Пластинчатый подогреватель.

Сравнительные показатели работы диффузионного отделения ЗАО «Сахарный комбинат «Курганский» до и после реконструкции схемы подготовки экстрагента приведены в таблице.

Показатели работы диффузионного отделения ЗАО «Сахарный комбинат «Курганский» в сезоны 2016/17 и 2017/18 гг.

Показатель	Значение показателя	
	Сезон 2016/17	Сезон 2017/18
Содержание сахарозы в диффузионном соке, %	11,2 – 11,7	12,3 – 12,6
Содержание сухих веществ в диффузионном соке, %	13,0 – 13,5	14,0 – 14,2
Чистота диффузионного сока, %	86,5 – 87,0	88,0 – 88,5
Значение рН экстрагента	6,5 – 6,8	5,3 – 5,5
Содержание сухих веществ в прессованном жоме, %	10,0 – 11,0	14,0 – 15,0
Потери сахарозы с прессованным жомом, % к массе свеклы	0,50	0,35

Как видно из приведенных в табл. данных, в результате реконструкции схемы подготовки экстрагента удалось снизить потери сахарозы в прессованном жоме с 0,50 до 0,35 %

к массе свеклы, повысить чистоту диффузионного сока с 86,5-87,0 до 88,0-88,5 %, а также увеличить содержание сухих веществ в прессованном жоме на установленных на заводе жомоотжимных прессах ГХ-2 с 10,0-11,0 до 14,0-15,0 %.

**Выводы.** По данным профессора И.Ф. Бугаенко, увеличение чистоты диффузионного сока на 1 % при прочих равных условиях способствует увеличению выхода готовой продукции на 0,1 % к массе свеклы. Таким образом, повышение чистоты диффузионного сока позволит дополнительно выработать 150 т сахара-песка на каждые 100000 т переработанной сахарной свеклы. Кроме того, повышение содержания сухих веществ в прессованном жоме позволяет значительно сэкономить на топливных ресурсах, необходимых для его последующего высушивания.

### Литература

1. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: учебник для студентов вузов / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. – СПб.: ГИОРД, 2007. – Ч. I. – 512 с.
2. Сапронов, А.Р. Технология сахара: учебник / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 296 с.
3. Молотилин, Ю.И. Возврат жомопрессовой воды – способ повышения эффективности получения, очистки и сгущения диффузионного сока / Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий, Н.М. Даишева, С.О. Семенихин // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2014. – №1. – С. 94-97.
4. Городецкий, В.О. Диффузионно-прессовое извлечение сахарозы как начальная стадия очистки диффузионного сока / В.О. Городецкий, С.О. Семенихин, Н.М. Даишева, Н.И. Котляревская // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – №1. – С. 62-66.
5. Городецкий, В.О. 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.
6. Патент РФ № 2504587, МПК С13В10/08. Способ диффузионно-прессового извлечения сахарозы из свекловичной стружки / Молотилин Ю.И., Городецкий В.О., Даишева Н.М., Семенихин С.О. ; заявитель и патентообладатель ГНУ Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ; № 2012101757/13 ; заявл. 18.01.2012 ; опубл. 20.01.2014, Бюл. №2. – 6 с.
7. Городецкий, В.О. Сравнительная характеристика существующей и разработанной технологий извлечения сахарозы из свекловичной стружки / В.О. Городецкий, С.О. Семенихин, В.В. Лисовой, Н.И. Котляревская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – Краснодар, КубГАУ, 2016. – № 121. – С. 620-629. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/31.pdf>. (Дата обращения 30.08.2017).
8. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. – Киев: ВНИИСП, 1983. – 479 с.
9. Молотилин, Ю.И. Сульфитационная обработка соков, сиропов и экстрагента свеклосахарного производства / Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий // Сахар. – 2013. – № 9. – С. 38-40.
10. Патент РФ № 124680, МПК: С13К13/00. Установка для сульфитации жидкостей сахарного производства / Молотилин Ю.И., Городецкий В.О.; заявитель и патентообладатель ГНУ Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – № 2011141396/13 ; заявл. 12.10.2011 ; опубл. 10.02.2013, Бюл. № 4. – 14 с.