

УДК 664.1.03

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ЭКСТРАГЕНТА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

Семенихин С.О., канд. техн. наук

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

Реферат. Реологические свойства свекловичной стружки являются одними из главных характеристик, определяющих эффективность ее диффузионного обессахаривания и последующего прессования. В статье приведены результаты исследования влияния трех наиболее распространенных в промышленности способов подготовки экстрагента на реологические свойства обессахаренной свекловичной стружки, характеризуемые модулем ее упругости, степенью деформации, а также степенью отжима. Установлено, что для обеспечения наилучших реологических свойств свекловичной стружки обработка экстрагента сернистым ангидридом является наиболее эффективным способом его подготовки по сравнению с обработкой серной кислотой и обработкой серной кислотой с приготовлением гипса.

Ключевые слова: модуль упругости, обессахаренная свекловичная стружка, сернистый ангидрид, серная кислота, гипс.

Summary. The rheological properties of beet cosettes are one of the main characteristics that determine the effectiveness of its diffusion desugaring and subsequent pressing. The article presents the results of a study of three most common industrial methods of extractant preparation influence on the rheological properties of desugared beet cosettes, characterized by its elastic modulus, deformation degree, and also pressing degree. It has been established that to ensure the best rheological properties of beet cosettes, treatment of the extractant with sulfur dioxide is the most effective way of its preparing compared to treatment with sulfuric acid and treatment with sulfuric acid with preparation of fresh gypsum.

Key words: elastic modulus, desugared beet cosettes, sulfur dioxide, sulfuric acid, gypsum.

Введение. Проведенными ранее исследованиями установлено, что реологические свойства свекловичной стружки являются одними из главных характеристик, определяющих качество диффузионного сока [1]. Постепенное внедрение прессов глубокого отжима на предприятиях обусловило увеличение объема получаемой жомопрессовой воды, являющегося внутриводным источником, вплоть до 70 % к массе свеклы [2]. Изначально внедрение прессов глубокого прессования было направлено на экономию топливных ресурсов для высушивания жома. Однако, в ходе их эксплуатации была выявлена зависимость между степенью прессования, степенью доизвлечения сахарозы при прессовании и количеством жомопрессовой воды, результатом чего явилась разработка двухстадийной более эффективной технологии извлечения сахарозы из свекловичной стружки [3].

Учитывая это, необходимость более глубокого изучения реологических свойств свекловичной стружки возникла априори, так как реологические свойства свекловичной стружки напрямую определяют эффективность проведения как обессахаривания свекловичной стружки, так и ее последующего прессования. Следует также отметить, что

применение прессов глубокого прессования предопределило переход на двухстадийное обессахаривание свекловичной стружки.

Одним из показателей, характеризующих физико-химические свойства свекловичной ткани, является модуль упругости. Свекловичная стружка с высоким модулем упругости при деформации стремится к сохранению своей изначальной формы, полученной в результате изрезывания, тем самым обеспечивая равномерность извлечения сахарозы по всей длине аппарата и способствуя соблюдению в нем оптимального гидродинамического режима, при котором отсутствуют застойные зоны, зоны обратной диффузии и «пробки». В то же время, высокий модуль упругости препятствует эффективному прессованию жома, ввиду чего снижается количество жомопрессовой воды, являющейся возобновляемым водным ресурсом и в настоящее время применяемой как компонент экстрагента, а также снижается концентрация сухих веществ в прессованном жоме, что в дальнейшем потребует большего количества топлива на высушивание жома [4].

Целью работы являлось проведение сравнительной оценки влияния способов подготовки экстрагента, применяемых в промышленности, на реологические свойства свекловичной стружки.

В настоящее время наиболее распространенными в свеклосахарной промышленности России способами подготовки экстрагента являются: обработка сернистым ангидридом, так называемая сульфитационная обработка, подкисление серной кислотой и подкисление серной кислотой с приготовлением гипса [5, 6].

В процессе сульфитационной обработки получаемый в результате сжигания технической серы сернистый ангидрид при контакте с экстрагентом образует в нем сернистую кислоту, являющуюся эффективным антисептиком и восстановителем. Она восстанавливает вещества, являющиеся непредельными соединениями, и превращает их в бесцветные соединения. Ввиду этого, сульфитация применяется на заводах не только на стадии подготовки экстрагента, но также и для обработки сока перед выпариванием и сиропа перед увариванием. Раствор при этом не очищается, так как обесцвеченные вещества остаются в растворе. Видимая эффективность обесцвечивания сахарных растворов диоксидом серы составляет не более 30 %, а истинная эффективность обесцвечивания за счет восстановления непредельных соединений только 8-10 %. Другим способом, получившим распространение в промышленности, является подкисление серной кислотой. Однако, в отличие от сернистой кислоты, серная является окислителем, что, в свою очередь, лишает ее эффекта обесцвечивания, а также вызывает негативный эффект – коррозию металлических поверхностей оборудования. Третьим способом обработки экстрагента, способствующим повышению упругости свекловичной стружки, является добавление в жомопрессовую воду известкового молока и подкисление технической серной кислотой, в результате чего экстрагент насыщается молекулами свежеприготовленного гипса. Известно, что ионы двух- и трехвалентных металлов способствуют укреплению ткани, делая ее более упругой, так как встраиваются в целлюлозную решетку [7]. Однако, зачастую на предприятиях добавляют в экстрагент природный гипс, являющийся химически инертным, то есть практически не имеющим реакционной способности, вследствие чего не оказывающего никакого влияния на свекловичную стружку, вводя в заблуждение инженерно-технический персонал, так как повышение содержания сухих веществ в прессованном жоме наблюдается на величину сухих веществ, привнесенных с гипсом.

Для выявления влияния наиболее часто применяемых в промышленности способов подготовки экстрагента на реологические свойства свекловичной стружки были проведены лабораторные исследования.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлась обессахаренная свекловичная стружка (жом), полученная в результате диффузионного обессахаривания при трех способах подготовки экстрагента – обработанного сернистым ангидридом, обработанного серной кислотой и обработанного серной кислотой с приготовлением гипса. Полученные образцы обессахаренной свекловичной стружки исследовали на лабораторном прессе путем ее деформации под сжатием. На первом этапе исследований деформацию проводили в течении 10 минут, после чего снимали нагрузку на 10 минут, фиксировали величину деформации и рассчитывали модуль Юнга. На втором этапе деформацию проводили в течении 1 часа и фиксировали величину деформации. На третьем этапе исследований проводили прессование обессахаренной свекловичной стружки при величине давления, близком к производственным условиям и определяли содержание сухих веществ в прессованном жоме.

Для расчета модуля упругости обессахаренной свекловичной стружки использовали формулу Юнга:

$$E = \frac{F/S}{\Delta l/l} = \frac{F \times l}{S \times \Delta l}, \quad \text{где: } F - \text{нормальная составляющая силы, кгс/см}^2;$$

S – площадь поверхности, по которой распределено действие силы, см²;

l – длина (высота) деформируемого вещества, см;

Δl – изменение длины (высоты) вещества продукта в результате упругой деформации, см.

Необходимо отметить, что в проведенных исследованиях первого и второго этапов отношение величины нормальной составляющей силы к величине площади поверхности, по которой распределено действие силы, являлось величиной постоянной и составило 0,16 кгс/см². Эта величина для исследований третьего этапа составила 45,25 кг/см². Высота деформируемой стружечной массы составила 38,5 мм.

Исследования проводили в пяти повторениях, полученные данные усредняли.

Обсуждение результатов. Графическая зависимость упругой деформации образцов обессахаренной стружки, полученной при применении экстрагента, обработанного различными способами, представлена на рисунке 1.

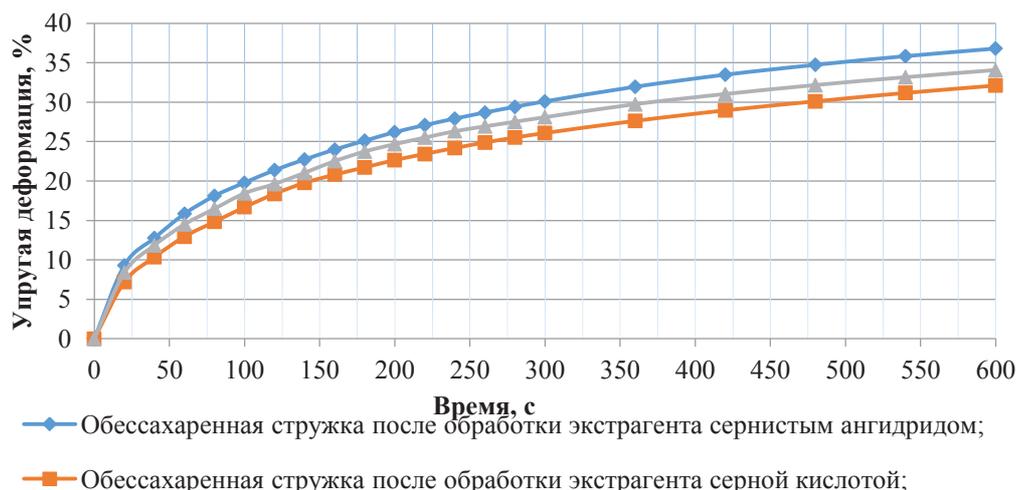


Рисунок 1 – Упругая деформация образцов обессахаренной стружки, полученной при применении экстрагента, обработанного различными способами

Так, после 10-минутного прессования деформация обессахаренной стружки после обработки экстрагента серной кислотой составила 32,11 %, обессахаренной стружки после

обработки экстрагента серной кислотой с приготовлением гипса – 34,08 %, а обессахаренной стружки после обработки экстрагента сернистым ангидридом – 36,81 %.

Графическая зависимость упругой деформации образцов обессахаренной стружки, полученной при применении экстрагента, обработанного различными способами, после снятия давления представлена на рисунке 2.

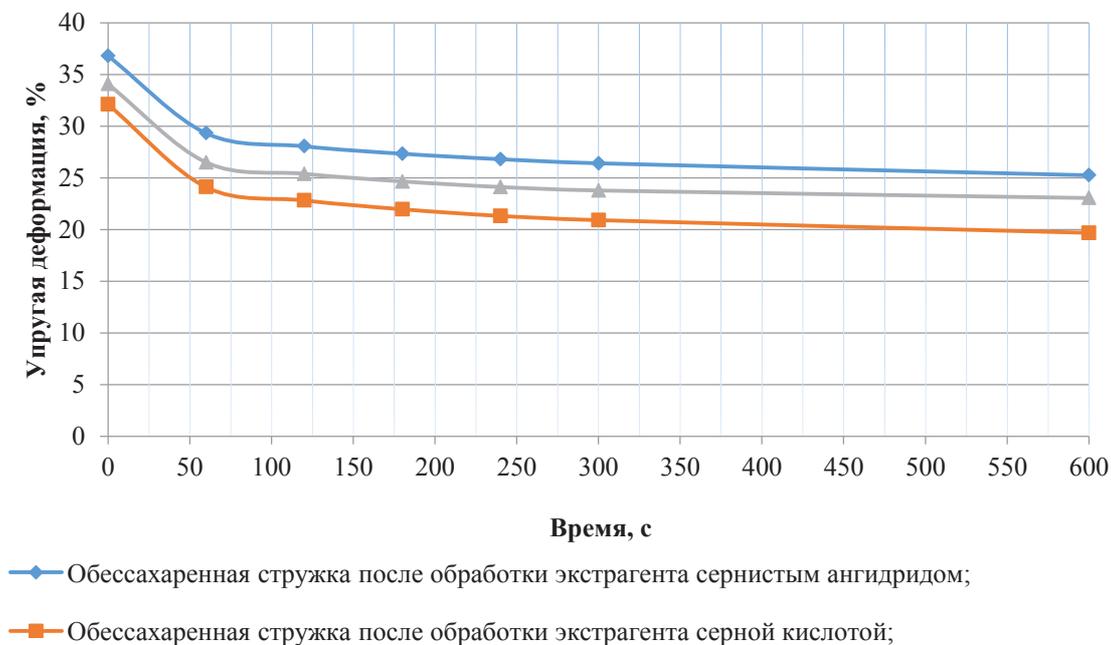


Рисунок 2 – Упругая деформация навески образцов обессахаренной стружки, полученной при применении экстрагента, обработанного различными способами, после снятия давления

Представленные данные наглядно показывают, что после снятия давления менее всего к исходному состоянию вернулась обессахаренная свекловичная стружка после обработки экстрагента сернистым ангидридом – деформация составила 25,25 %, далее обессахаренная стружка после обработки экстрагента серной кислотой с приготовлением гипса – 23,05 % и обессахаренная стружка после обработки экстрагента серной кислотой – 19,68 %.

На основании полученных данных проведены расчеты, в результате которых установлено, что наибольшим модулем упругости обладает обессахаренная стружка после обработки экстрагента серной кислотой – 79,72 КПа, далее следует обессахаренная стружка после обработки экстрагента серной кислотой с приготовлением гипса – 68,07 КПа и наименьший модуль упругости у обессахаренной стружки после обработки экстрагента сернистым ангидридом – 62,15 КПа.

Расчетные величины значений модулей упругости жома, полученного при обработке свекловичной стружки экстрагентами, подготовленными различными способами, обусловили продолжение лабораторных исследований по выявлению зависимости деформации обессахаренной свекловичной стружки от способа подготовки экстрагента.

В таблице 1 приведены данные по влиянию способа подготовки экстрагента на деформацию прессованного жома в течении 1 часа.

Таблица 1 – Влияние способа подготовки экстрагента на деформацию прессованного жома в течении 1 часа

Наименование показателя	Значение показателя		
	Жом, полученный при использовании		
	экстрагента, обработанного сернистым ангидридом	экстрагента, обработанного серной кислотой	экстрагента, обработанного серной кислотой с приготовлением гипса
Начальная высота пробы жома, мм	38,50	38,50	38,50
Конечная высота пробы жома, мм:	23,19	22,75	22,98
Деформация через 1 час, % (абс.)	60,23	59,09	59,68

Полученные данные по влиянию способа подготовки экстрагента на деформацию обессахаренной свекловичной стружки обусловили проведению исследований по влиянию способа подготовки экстрагента на содержания сухих веществ в прессованном жоме при давлении на образцы обессахаренной свекловичной стружки 45,25 кгс/см², что соответствует давлению, создаваемому жомовыми прессами в производственных условиях.

В таблице 2 приведены данные по влиянию способа подготовки экстрагента на содержание сухих веществ в прессованном жоме.

Таблица 2 – Влияние способа подготовки экстрагента на содержание сухих веществ в прессованном жоме

Наименование показателя	Значение показателя		
	Жом, полученный при использовании		
	экстрагента, обработанного сернистым ангидридом	экстрагента, обработанного серной кислотой	экстрагента, обработанного серной кислотой с приготовлением гипса
Содержание сухих веществ в прессованном жоме, %:	17,99	14,69	17,56
Прирост сухих веществ в прессованном жоме, % (абс.)	3,30	–	2,87

Выводы. Из полученных данных следует, что наибольшая концентрация сухих веществ в пробах прессованного свекловичного жома получена при использовании экстрагента, обработанного сернистым ангидридом, придающего тканям обессахаренной свекловичной стружки высокую способность к прессованию – 17,99 %. Способ подготовки экстрагента путем обработки его серной кислотой с приготовлением гипса также обеспечивает увеличение содержания сухих веществ в прессованном жоме – до 17,56 %, однако менее эффективен и требует большего расхода вспомогательных материалов.

При проведении исследований по влиянию способа подготовки экстрагента на деформацию прессованного жома в течении 1 часа установлено, что величина деформации жома, полученного при использовании экстрагента, обработанного сернистым ангидридом, также оказалась наибольшей – 60,23 %, что выше на 0,55 %, чем у жома, полученного при использовании экстрагента, обработанного серной кислотой с приготовлением гипса, и на 1,14 %, чем у жома, полученного при использовании экстрагента, обработанного серной кислотой. Серия исследований по длительной деформации жома, полученного при различных способах подготовки экстрагента, как и предыдущие исследования подтверждает преимущество обработки экстрагента сернистым ангидридом над другими способами его подготовки.

Увеличение содержания сухих веществ в прессованном жоме при обработке экстрагента сернистым ангидридом составило 3,3 % абсолютных, по сравнению со способом обработки экстрагента серной кислотой, что обеспечит пропорциональное снижение расхода условного топлива на высушивание прессованного жома, которого требуется, в зависимости от конструкции жомосушильного барабана, 230-250 м³/т жома. На сегодняшний день стоимость 1000 м³ природного газа достигает 6,5-7,0 тыс. рублей без НДС, а учитывая, что количество прессованного жома при грубом расчете составляет 15-17 % от количества перерабатываемой сахарной свеклы (в среднем 0,5 млн. т для одного завода), экономическая эффективность способа подготовки экстрагента сернистым ангидридом, по сравнению с обработкой серной кислотой и обработкой серной кислотой с приготовлением гипса, не вызывает сомнений.

Литература

1 Исследование влияния способов подготовки экстрагента на физико-химические свойства обессахаренной свекловичной стружки [Текст] / С.О. Семенихин, Н.М. Даишева, Н.И. Котляревская, М.М. Усманов // Новые технологии, 2019. – № 1. – С 162-170.

2 Возврат жомопрессовой воды – способ повышения эффективности получения, очистки и сгущения диффузионного сока [Текст] / Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий, Н.М. Даишева, С.О. Семенихин // Известия ВУЗов. Пищевая технология, 2014. – № 1. – С. 94-97.

3 Диффузионно-прессовое извлечение сахарозы – совершенствование получения и очистки диффузионного сока [Текст] / Молотилин Ю.И. [и др.] // Сахар, 2014. – № 5. – С. 42-44.

4 Факторы, влияющие на эффективность прессования свекловичного жома [Текст] / Городецкий В.О. [и др.] // Научные труды КубГТУ, 2018. – №4. – С. 10-16.

5 Сравнительная характеристика существующей и разработанной технологий извлечения сахарозы из свекловичной стружки [Электронный ресурс] / В.О. Городецкий, С.О. Семенихин, В.В. Лисовой, Н.И. Котляревская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ), 2016. – № 121 (07). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/31.pdf> (Дата обращения 02.04.2019 г.)

6 Особенности технологических схем подготовки экстрагента диффузионного процесса свеклосахарного производства [Текст] / Городецкий В.О., Семенихин С.О., Котляревская Н.И. // Сборник научных трудов ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. – № 20. – С.51-56.

7 Семенихин, С.О. Влияние кальцийсодержащих реагентов на физико-механические свойства свекловичной стружки, жома и качество диффузионного сока [Текст] / Семенихин С.О., Городецкий В.О. // Наука Кубани, 2015. – №1. – С. 32-38.