

УДК 633.63: 664.1.038

ОБОСНОВАНИЕ УПРОЩЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СИРОПА ИЗ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Свешников И.Ю., магистрант, Кульнева Н.Г., д-р техн. наук, Свиридова Т.В., канд. биол. наук, Ноздреватых Ю.А., Шумкина К.Ю., студенты

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (Воронеж), E-mail: ivansveshh@mail.ru

Реферат. Предложена технология упрощенной переработки сахарной свеклы с получением очищенного сока или сиропа. Обоснованы технологические режима извлечения и очистки сока. Полученный очищенный свекловичный сок по качественным характеристикам приближается к сахарному раствору, но содержит наряду с сахарозой минеральные компоненты, органические кислоты и азотистые соединения исходного сырья.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, свекловичный сок, упрощенная переработка.

Summary. A technology for simplified processing of sugar beets to produce purified juice or syrup is proposed. The technological regimes for extracting and purifying juice are justified. The resulting purified beet juice in terms of quality characteristics approaches a sugar solution, but contains, along with sucrose, mineral components, organic acids and nitrous compounds of the feedstock.

Key words: beet sugar production, beet juice, simplified processing.

Введение. Направление разработок в сфере переработки сельскохозяйственной продукции в РФ на современном этапе в значительной степени определяется реализацией правительственных программ по обеспечению продовольственной безопасности и импортозамещения [1]. В связи высокой востребованностью сахара как сырья для ряда пищевых производств и фармации, требования к рациональному использованию сырья и качеству конечного продукта существенно возрастают.

Единственным товарным продуктом сахарного производства является белый сахар, который получают извлечением целевого компонента – сахарозы. Все остальные ценные компоненты свеклы, такие как бетаин, амиды, целлюлоза, гемицеллюлоза, протопектин, органические кислоты переводятся в отходы.

В связи с повышением требований к качеству сахара, увеличением цен на топливо, известняковый камень, вспомогательные материалы, перед работниками сахарной отрасли ставятся задачи по усовершенствованию технологии получения и очистки свекловичного сока.

Определяющие факторы при разработке современной технологии его очистки – снижение расхода извести с одновременным повышением общего эффекта очистки и термостойкости очищенного сока, максимально возможное уменьшение потерь сахара в производстве и снижение энергоёмкости процессов [2].

Главной задачей данного исследования является разработка упрощенной технологии переработки сахарной свёклы с сохранением в конечном продукте ценных и полезных компонентов сырья.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования служила сахарная свекла, выращенная в Центрально-Черноземном регионе РФ.

В исследовании использованы стандартные и экспрессные методы, применяемые для оценки качества сахарной свеклы и полупродуктов производства [3].

Обсуждение результатов.

Актуальной задачей переработки свеклы является разработка упрощенной технологической схемы получения очищенного свекловичного сока, сохраняющего полезные компоненты свеклы и пригодного к использованию в пищевых производствах в качестве альтернативы раствору белого сахара.

Классическая технология получения очищенного сока предусматривает отделение примесей от свеклы, ее мойку, измельчение в свекловичную стружку и экстрагирование сахарозы горячей водой с получением диффузионного сока. Далее диффузионный сок подвергают известково-углекислотной очистке, включающей предварительную, основную дефекации и две ступени сатурации с промежуточным фильтрованием, в ходе которых удаляется значительное количество полезных компонентов свеклы. Данный способ реализуется на всех сахарных заводах, перерабатывающих сахарную свеклу, и требует сложного оборудования, высокой квалификации персонала, огромного расхода материалов и энергетических ресурсов.

Сущность нового упрощенного способа состоит в замене стадии карбонизации дефекованного свекловичного сока на обработку ортофосфорной кислотой в соответствии с уравнением реакции:



Экспериментальным путем установлено, что на полное осаждение 1 % СаО, добавляемого к массе сока, необходимо вводить 90 % к массе СаО концентрированной ортофосфорной кислоты.

Для проведения исследования был получен свекловичный сок посредством прямого отжима. Для этого свёклу очистили от примесей, удалили хвостики и головку, измельчили в кашку, отделили свекловичный сок прессованием.

Очистку осуществляли двумя способами: упрощенным с добавлением ортофосфорной кислоты и традиционным. Для очистки первым способом приготовленный сок нагрели до температуры 80 °С, внесли известковое молоко из расчета 2% СаО к массе сока. После добавления известкового молока поддерживали температуру 80 °С в течение 10 минут в термостате, вносили в сок ортофосфорную кислоту в количестве 90% к массе извести, выдерживали еще 5 минут в термостате, фильтровали.

Для очистки вторым способом приготовленный сок нагрели до температуры 60 °С и провели преддефекацию 15 мин при добавлении известкового молока из расчета 0,3 % к массе сока. Для основной дефекации добавили Са(ОН)₂ в количестве 1,5 % СаО, температуру сока увеличили до 80 °С и выдерживали сок в течение 10 минут. I сатурацию провели пропусканием сатурационного газа (СО₂) до рН 11,0, осадок отфильтровали. Фильтрат нагрели до температуры 92 °С и провели II сатурацию до рН 9,0. Отсатурированный сок вновь подвергли фильтрации.

Анализ соков проводили путем определения массовой доли сахарозы и сухих веществ, белковых соединений, редуцирующих веществ, α-аминного азота, цветности и рН (таблица 1).

При визуальной оценке соков наблюдали различия в цвете и прозрачности. Более светлым и прозрачным был образец сока, полученного упрощенным способом. Второй образец сока был темнее и наблюдалась небольшая мутность.

Лабораторные исследования свидетельствуют, что выше эффективность очистки по упрощенному способу: образец имеет низкую цветность, содержит повышенное количество белковых, меньшее количество азотистых веществ, что обусловлено отсутствием химического разложения белков.

Таблица 1 – Показатели качества очищенного сока в зависимости от способа очистки

Показатель	Способ очистки	
	упрощенный	традиционный
pH	6,66	9,1
Массовая доля сухих веществ, %	21,4	21,0
Массовая доля сахарозы, %	17,0	17,25
Чистота, %	79,44	81,14
Цветность, ед. опт. плот.	122,3	373,6
Содержание редуцирующих веществ, мг/см ³	0,0043	0,0044
Содержание α-аминного азота, мг/см ³	7,69	16,15
Содержание белка, мг/см ³	0,72	0,23

Для выбора способа получения свекловичного сока было получено 3 порции свекловичного сока тремя разными способами: прямым отжимом, получением стружки с последующим ошпариванием и отжимом и традиционным диффузионным способом.

Свеклу очистили от примесей, удалили хвостики и головку, тщательно вымыли.

Свёклу для первого способа извлечения сока измельчили в кашку и отпрессовали. Полученный сок процедили через сито для удаления мезги и пены.

Для второго способа свёклу измельчили до состояния стружки, ошпарили в течение 1 минуты, отжали сок, пропустили через сито.

Для третьего способа получили стружку и добавили к ней дистиллированную воду, нагретую до 75 °С. Провели экстрагирование в течение 60 минут при температуре 70 °С.

Полученные соки подвергли очистке упрощенным способом.

При визуальной оценке соков наблюдали различия в цвете. Самым светлым был образец сока, полученного путем прямого отжима, самым темным - полученный традиционным методом экстрагирования. Все образцы были прозрачными (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества очищенного сока в зависимости от способа получения

Показатель	Способ получения сока		
	прямой отжим	ошпаривание стружки и отжим	экстрагирование
pH	6,1	6,4	6,25
Чистота, %	90,5	88,12	87,1
Цветность, ед. опт. плот.	126,49	250,05	279,57
Содержание редуцирующих веществ, мг/см ³	0,0075	0,041	0,0038
Содержание α-аминного азота, мг/см ³	2,6	2,7	3,1
Содержание белка, мг/см ³	0,24	0,26	0,27

Исследования показали, что сок, полученный прямым отжимом, имеет высокую чистоту, низкую цветность и сохраняет все группы природных компонентов свеклы, что положительно влияет на его биологическую ценность.

Выбор рационального расхода реагентов на очистку сока является важным фактором, который влияет не только на физико-химические параметры сока, но и на ресурсосбережение перерабатывающих предприятий.

Для проведения исследования был получен свекловичный сок путем непосредственного отжима. Очистку осуществляли обработкой гидроксидом кальция с расходом 1 и 2 % с последующим добавлением ортофосфорной кислоты. Фильтрованный сок подвергали адсорбционной очистке активированным углем (таблица 3).

Лабораторные исследования свидетельствуют, что в соке, очищенном с наименьшим расходом извести (1% CaO) значение pH ближе к оптимальному, чистота выше на 1,2 %, цветность ниже, содержание редуцирующих и белковых веществ, α -аминного азота выше.

Следовательно, использование 1 % CaO для упрощенной очистки свекловичного сока обеспечивает более высокие качественные показатели, высокую скорость фильтрования и сохраняет больше природных компонентов свеклы, чем при использовании 2 % CaO, что соответствует требованиям критерия ресурсосбережения.

Таблица 3 - Показатели качества очищенного сока, в зависимости от расхода извести на очистку

Показатель	Сок при расходе извести на очистку, % CaO			
	1		2	
	после очистки	после адсорбционной очистки	после очистки	после адсорбционной очистки
pH	6,36	6,20	6,23	6,18
Чистота, %	84,8	87,7	83,55	85,8
Цветность, ед. опт. плот.	218,2	133,2	222,75	146,7
Содержание редуцирующих веществ, мг/см ³	0,034	0,091	0,029	0,086
Содержание α -аминного азота, мг/см ³	3,27	3,46	2,88	2,69
Содержание белка, мг/см ³	0,0898	0,0796	0,0852	0,0774

Для получения сахаросодержащего продукта, который затем можно будет использовать для приготовления хлебобулочных изделий и безалкогольных напитков, проводили адсорбционную очистку для снижения цветности, затем сгущали полученный сок выпариванием для более длительного хранения и удобства транспортировки.

Способ осуществляли следующим образом. Полученный очищенный сок нагревали на водяной бане до температуры 70 °С, добавляли активированный уголь 5 % к массе сока и при перемешивании выдерживали при данной температуре 20 минут, раствор фильтровали на вакуумном фильтре. В полученном соке определяли цветность визуально и фотометрическим методом (рисунок 1). Полученный очищенный сок сгущали на водяной бане при температуре 98 °С до содержания сухих веществ 54,0 %.



Рисунок 1 – Очищенный сок до и после адсорбционной очистки

Каждые 60 минут, по мере выпаривания воды из сока, отбирали пробы для определения массовой доли сухих веществ, pH и цветности (рисунки 2, 3).

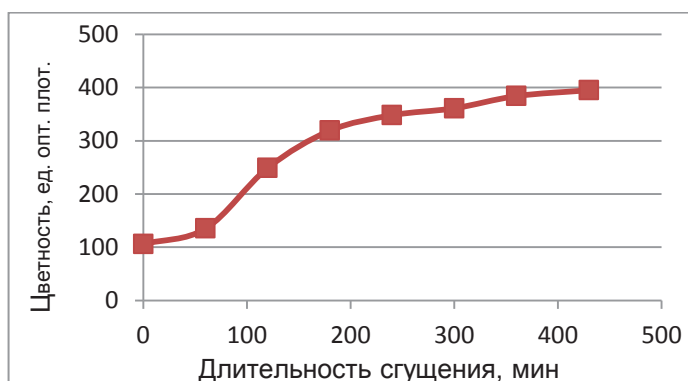


Рисунок 2 – Динамика цветности сока в зависимости от продолжительности сгущения



Рисунок 3 – Изменение содержания сухих веществ в зависимости от продолжительности сгущения

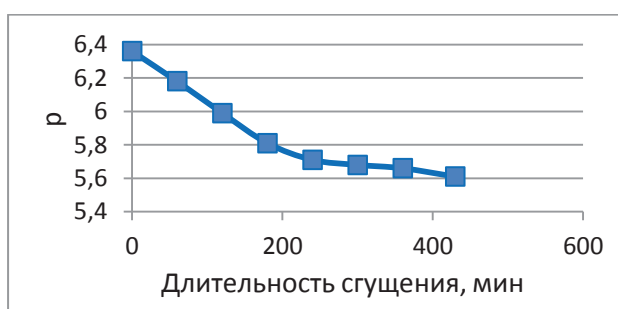


Рисунок 4 – Динамика pH в зависимости от продолжительности сгущения

В процессе сгущения из сока выпаривается около 65 % воды, массовая доля сухих веществ увеличивается на 184 %, цветность на 270 %, но не превышает значений сиропа в сахарном производстве, pH снижается на 0,75 ед, что свидетельствует об удовлетворительной термоустойчивости получаемого продукта.

Выводы. Использование упрощенной схемы очистки сока сохраняет в нем природные компоненты, препятствует нарастанию цветности, снижает расход материалов, упрощает технологическую схему, не требует сложного оборудования. Полученный очищенный свекловичный сок по качественным характеристикам (цвет и прозрачность,

отсутствие запаха) приближается к сахарному раствору, но содержит наряду с сахарозой минеральные компоненты, органические кислоты и азотистые соединения. Преимущества упрощенной схемы (с использованием ортофосфорной кислоты): отсутствует длительный, технически сложный и энергетически затратный процесс диффузионного извлечения сахарозы из свеклы; не происходит разбавление клеточного сока за счет добавления воды, что снижает объем жома; используется меньшее количество извести, что предотвращает разложение моносахаридов, белковых и пектиновых веществ; замена сатурации применением ортофосфорной кислоты повышает доступность способа. Получаемый осадок фосфата кальция практически нерастворим в соке, адсорбирует на поверхности значительное количество сопутствующих веществ, после отделения может использоваться в качестве фосфорного удобрения; замена вредной для организма человека сульфитации адсорбционной очисткой активным углем, удаляющей окрашенные и пахучие соединения из сока, повышает безопасность продукта; сохраняются ценные натуральные компоненты свеклы - сахароза, моносахариды, аминокислоты и амиды аспарагиновой и глутаминовой кислот, бетаин, минеральные соединения, частично органические кислоты, белковые и пектиновые вещества.

Литература

1. Перспективные технологии и приоритетные направления в сфере хранения и переработки сельскохозяйственной продукции / Горлов С.М., Першакова Т.В., Алёшин В.Н. - Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – Т.20. – 2018. – С. 9-21.
2. Инновационная технология в области получения диффузионного сока свеклосахарного производства / Городецкий В.О., Люсый И.Н., Даишева Н.М., Семенихин С.О., Котляревская Н.И., Усманов М.М. - Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – Т.15. – 2018. – С. 167-172.
3. Бугаенко И. Ф. Физико-химические методы анализа и контроля в сахарном производстве: учебное пособие / И. Ф. Бугаенко, С.В. Штерман. – М., 2006. – 129 с.
5. Напитки на основе очищенного свекловичного сока / Н.Г. Кульнева, Ю.И. Чернова, Ю.А. Ноздреватых, К.Ю. Шумкина, М.Е. Шумаков // «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение»: сборн. Науч. статей и докладов V Международной научно-практической конференции (Воронеж, 23 ноября 2018 года). – С.535-540.
6. Использование очищенного свекловичного сока при производстве хлебобулочных изделий и напитков / Кульнева Н.Г., Жаркова И.М., Зуева Н.В., Чернова Ю.И. // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: мат. Меж. науч.-практич. конф. (Россия, Воронеж, 7-9 ноября 2018 г.). – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. –С.52-55.