

УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На правах рукописи

Данькевич Григорий Николаевич

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ САХАРА
ПУТЕМ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВЕКЛОВИЧНОЙ
ТКАНИ

Специальность 05.18.12 -

процессы, машины и агрегаты пищевой
промышленности

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1994

Работа выполнена в Украинском государственном
университете пищевых технологий и Яготинском
сахарном заводе

Научные руководители:

доктор технических наук, профессор
академик УАН Украины И.С.Гуля
доктор технических наук, профессор
М.П.Купчик

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
академик АИИ Украины
кандидат технических наук

Н.С.Карлович
А.В.Садыч

Ведущая организация: Ассоциация "Бинницасахар"

Защита состоится "27" апреля 1994 года в 14⁰⁰ часов
на заседании специализированного Совета Д 068.17.04 Украинского
государственного университета пищевых технологий по адресу :
252017, Киев-17, ул.Владимирская,68 корпус А, ауд. 311.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Украинско-
го государственного университета пищевых технологий.

Автореферат разослан "25" апреля 1994 года.

Ученый секретарь
специализированного Совета

Д 068.17.04

д-р. Н.Н.Сорокалет

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00810381 (L)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время на Украине увеличение выпуска сахара предусматривается путем наращивания мощности сахарных заводов и широкого использования новых технологий и технологических процессов, позволяющих сократить потери сахара в производстве и повысить его выход с единицы сырья.

Экстрагирование сахара из свекловичной стружки является одним из основных технологических процессов свеклосахарного производства. От этого процесса зависят производительность завода, потери сахара на диффузионной установке и других аппаратах при дальнейшей обработке сока.

Наряду с общими закономерностями, характерными для массообменных процессов, в процессах переноса вещества в твердом теле существенную роль играют структура этого тела, его физико-химические свойства, их изменение в процессе экстрагирования.

Физико-механические свойства растительной ткани определяются природой, химическим составом, соотношением и свойствами высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений.

Изменение силы химической связи в структуре пищевых объектов может быть достигнуто различными способами физико-химического воздействия на ткани пищевых продуктов. Среди них первостепенное место занимают тепловая и электрическая обработка свекловичной ткани.

Поэтому изучение физико-механических свойств свекловичной ткани при тепловой и электрической обработке с целью интенсификации и совершенствования процесса экстрагирования сахара является актуальной задачей в сахарной промышленности.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом НИР Украинского государственного университета пищевых технологий по теме: "Разработка электротехнологии экстрагирования са-

хара и пектина из растительного сырья" /Приказ Мингуза Украины 78 от 21.03.1991 г./.

Цель работы - состоит в изучении влияния тепловых и электрических воздействий на структурно-механические свойства свекловичной ткани, механизм разрушения клеточных структур, качественный и количественный состав свекловичного сырья в процессе экстрагирования и разработка на этой основе способов и устройств для интенсификации процесса извлечения сахара из свекловичной стружки.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- выбрана и обоснована реологическая модель, определены основные факторы, влияющие на механические свойства свекловичной ткани;

- изучен механизм влияния электрического поля и теплового воздействия на изменение основных компонентов, структуры клеточных мембран и упруго-пластические характеристики свекловичной ткани;

- определены значения модуля упругости свекловичной ткани, коэффициента сжимаемости слоя свекловичной стружки и установлены их зависимости от способа обработки, температуры, времени обработки и размера частиц;

- установлена взаимосвязь структурно-механических характеристик со степенью проницаемости и физико-химическим составом свекловичной ткани после предварительной обработки и диффузионного процесса;

- обоснована целесообразность применения электрических полей переменного и постоянного тока для подготовки свекловичной стружки к диффузионному процессу и стабилизации структурно-механических свойств свекловичной ткани в процессе экстрагирования сахарозы.

Практическая ценность и реализация результатов работы :

- усовершенствован способ электрообработки стекловидной стружки с целью интенсификации диффузионного процесса и предложены конструкции аппаратов для его осуществления /А.С. №1761105 СССР, В.И. - 1992, № 34; Пол.реш. ВНИИГПЗ по заявке № 4869564/13 от 16.06.91г./;

- разработана аппаратно-технологическая схема обработки стекловидной стружки применительно к наклонным экстракторам сахарного производства. Внедрение ее на заводе производительностью - стью 3000 т свеклы в сутки позволяет увеличить выход сахара на 0.08-0.1%;

- разработана аппаратно-технологическая схема переработки хвостиков и боя свеклы с использованием электрической обработки полученной из них мезги;

- результаты работы рекомендовано использовать при расчете процессов массообмена, конструкций транспортных систем экстракторов и аппаратов для предварительной электрообработки стекловидной стружки, хвостиков и боя свеклы.

Достоверность полученных результатов:

Результаты лабораторных исследований подтверждены данными полученными в промышленных условиях. При расчете структурно-механических свойств стекловидной ткани, массообменных характеристик использовали метод численного решения нелинейных дифференциальных уравнений диффузии с применением ЭВМ типа IBM-PC/AT-286. Достоверность и надежность полученных результатов подтверждается также применением современных физико-химических методов исследования.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждены и одобрены на заседаниях кафедры Технологическо-

го оборудования пищевых производств в 1990-1993 гг., НТС ПРИИ и НПО "Сахар" в 1992-93 гг., 6-й Всесоюзной научно-технической конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья" Москва, 1989 г./, Республиканской научно-технической конференции "Разработки и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК" /Киев, 1991 г., 1993 г./, научной конференции "Научное обеспечение хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности" /Москва, 1991 г./.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, получено 1 авторское свидетельство и 1 положительное решение по заявке на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложений.

Изложена на _____ страницах основного текста, содержит рисунок и _____ таблиц. Список литературы включает _____ названий отечественных и зарубежных источников.

Автор выражает благодарность кандидату технических наук Матриенко А.Б., за научные консультации при выполнении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследований, представлена информация о научной новизне, практической ценности и реализации результатов работы.

В первой главе дан анализ литературных данных по использованию электрических полей в технологических процессах, а также приведены данные по состоянию вопроса изучения структурно -

механических характеристик свекловичной ткани и ее клеточных структур.

Показано, что одним из наиболее эффективных способов интенсификации тепломассообменных процессов пищевых продуктов является использование электрических полей. За счет различных электрокинетических эффектов /электропробой, электроосмос, электрокоагуляция, электроконфекция и др./ наблюдается увеличение массообменных характеристик в 1,5-2 раза при диффузии и кристаллизации сахарозы в электрическом поле, ректификации и других технологических процессах.

Из значительного количества факторов, влияющих на величину потерь сахарозы необходимо выделить следующие - степень денатурации клеток свекловичной ткани перед подачей сырья в экстрактор, интенсивность массообмена между свекловичной стружкой и экстрагентом, а также структурно-механические свойства свекловичной ткани и свекловичной стружки.

Среди способов, позволяющих уменьшить потери сахарозы в процессе диффузии, наиболее перспективными являются электрические способы обработки свекловичного сырья. Электрообработка свекловичной ткани позволяет селективно воздействовать на сахарозу и несахара клеточного сока. Эффективность процесса при этом значительно повышается.

Для разработки эффективных диффузионных процессов необходимо комплексное изучение и обобщение данных по влиянию тепловой и электрической обработки на структурно-механические свойства свекловичной ткани и структурную организацию компонентов мембран.

Анализ литературных данных показал, что вопросам изучения структурно-механических свойств свекловичной ткани и сокостру-

жечной смеси при различных способах обработки и интенсификации диффузионных процессов уделялось недостаточное внимание. Отсутствуют данные об изменении количественного состава мембран стеклоклеточной ткани в процессе тепловой и электрической обработки.

Поэтому при разработке новых способов интенсификации процесса экстрагирования необходимо с помощью современных методов исследований комплексное изучение и обобщение данных по влиянию электрофизических воздействий на механические свойства ткани и изменение ее структурных компонентов.

На основании анализа литературных данных обоснована целесообразность применения электрической обработки для улучшения структурно-механических характеристик стеклоклеточной ткани в диффузионном процессе, сформулированы цели и задачи исследований.

Во второй главе представлены данные о структурно-механических свойствах и характеристиках стеклоклеточной стружки.

Стеклоклеточная ткань является сложной, гетерогенной каллилярно-пористой коллоидной дисперсной системой и принадлежит по существу, к твердо-жидким телам, обладая одновременно упруго-эластичными и пластично-вязкими свойствами.

Гид структуры продукта обуславливает его качественные и технологические показатели и поведение в процессах деформирования. Для их описания использованы кривые течения или деформирования /реограммы/, которые связывают между собой напряжение и скорость деформации /деформацию/.

На рис. I представлены данные по изменению относительной деформации слоя стеклоклеточной стружки от напряжения при различных видах обработки.

Установлено, что данная система состоит из последовательно соединенных упругих и пластических элементов. При напряже-

нии / σ / меньше предела текучести / σ_T / имеет место упругое состояние при котором $\sigma = E \cdot \epsilon$ /где E - модуль упругости, ϵ - линейная деформация/; при $\sigma = \sigma_T$ наступает состояние пластического течения. Таким образом по характеру реограмм слой свекловичных частиц можно отнести к сложной модели упруго-пластического тела.

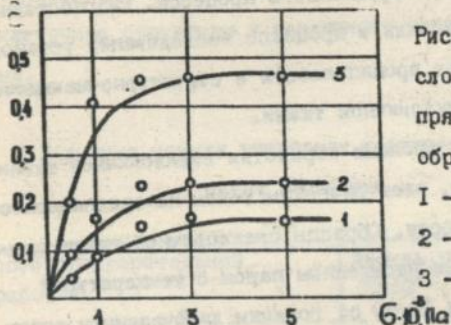


Рис. I Зависимость деформации слоя свекловичных частиц от напряжения при различных видах обработки:

- 1 - без обработки
- 2 - электрическая обработка
- 3 - тепловая обработка

При моделировании реальных тел, обладающих реологическими свойствами в неодинаковой степени, можно комбинировать в различных сочетаниях модели идеальных тел.

Механические свойства определяются соотношением и свойствами основных компонентов клеточных структур. Наиболее значительное изменение этих свойств может происходить в процессе технологической переработки сырья.

Принадлежность свекловичного сырья к модели упруго-пластического тела, выявленная на основе предварительных экспериментов и расчетов, позволяет выбрать метод одноосного сжатия для исследования и определить основные свойства, подлежащие изучению - коэффициент сжимаемости /модуль упругости/.

Третья глава - посвящена изучению влияния тепловой и электрической обработки на структурно-механические свойства свекловичной стружки.

Для исследований выбран метод изучения структурно-механических характеристик единичных образцов стеклоричной ткани и изменения свойств слоя стеклоричных частиц.

Преимуществом этого метода является то, что процесс исследуется для большого количества образцов и происходит в слое частиц, который характерен для промышленных условий электрообработки стеклоричной стружки и диффузионного процесса. Разработанные методики и установки позволили в процессе исследований установить взаимосвязь между степенью проницаемости и структурно-механическими характеристиками стеклоричной ткани.

Исследовано влияние времени обработки стеклоричной ткани паром, диффузионным соком, электрическим током на закономерности изменения ее модуля упругости. Образцы стеклоричной ткани размером $8 \times 8 \times 60$ мм обрабатывали насыщенным паром с температурой $108-110^{\circ}\text{C}$, время обработки 10-60 с; горячим диффузионным соком с температурой 80°C в течение 3-15 мин. Указанные режимы обработки стеклоричной ткани характерны для промышленных ошпаривателей и экстракторов, и поэтому были выбраны нами в качестве основных.

В случае использования электрообработки - образцы стеклоричной ткани обрабатывали постоянным и переменным током при напряженности поля $E = 115 \text{ В/см}$ и времени обработки 1-10 с. При этих параметрах обработки достигается практически полная денатурация клеточных мембран стеклоричной ткани.

В результате экспериментальных исследований установлено, что с увеличением времени обработки величина модуля упругости стеклоричной ткани изменяется нелинейно при всех способах обработки. Наибольшее изменение модуля упругости $/E/$ наблюдается при обработке ткани паром и горячим диффузионным соком. В большей степени величина модуля упругости изменяется в начальное время

обработки /для пара это 10-40с; диффузионного сока 3-5 мин./.

При воздействии постоянного электрического тока происходят более значительные структурные изменения в свекловичной ткани, чем при обработке ее переменным током. Величина E при обработке ткани переменным током на 5-10% выше. Этот эффект объясняется различиями в механизмах воздействия постоянного и переменного тока на клеточные структуры и различному теплоразделению в растительной ткани.

Таблица I

Величина модуля упругости свекловичной ткани при различных видах обработки

Способ предварительной обработки	Модуль упругости / $E \times 10^{-5}$, МПа/	Степень денатурации /А, %/
Исходное свекловичное сырье /без обработки/	125	-
Тепловая обработка диффузионным соком / $t = 80^{\circ}\text{C}$ /	40,5	92,5-94,9
Тепловая обработка паром / $t = 108-110^{\circ}\text{C}$ /	30,3	89,2
Электрическая обработка постоянным током	65,0	93,7
Электрическая обработка переменным током	90,0	95,3

Установлено, что для образцов из свекловичной ткани, имеющих разную степень денатурации клеток, модуль упругости электрообработанной свеклы в 1,5-2 раза превышает модуль упругости термообработанных образцов /таб I/.

На основании математической обработки данных получены эмпирические уравнения для определения модуля упругости свеклорич-

чной ткани при различном времени и способах обработки:

$$\text{соком} \quad \Delta E = \frac{1}{(0,01 + 0,215 \cdot 10^{-3} \tau)}, \%$$

$$\text{паром} \quad \Delta E = \frac{1}{(0,01 + 0,102 \cdot 10^{-4} \tau)}, \%$$

постоянным электрическим

$$\text{током} \quad \Delta E = \frac{1}{(0,04 + 0,2 \cdot 10^{-8} \tau)}, \%$$

переменным электрическим

$$\text{током} \quad \Delta E = \frac{1}{(0,04 + 0,162 \cdot 10^{-8} \tau)}, \%$$

Уравнения применимы в пределах изменения τ от 1 до 900с.

Для более полного описания изменений, происходящих в слое растительного сырья использовали коэффициент сжимаемости $1/\beta$, как интегральную характеристику деформации слоя стеклоричной стружки при одноосном его сжатии. Установлено, что наиболее эффективным способом тепловой обработки стружки является обработка жидкостью /диффузионным соком или водой/, так как при этом наблюдается максимальная степень денатурации стеклоричной ткани при относительно небольших значениях β . Обработка паром также является эффективным средством разрушения клеточной структуры стеклоричной ткани, но приводит к более глубоким изменениям упруго-пластических характеристик слоя стружки.

При сравнении влияния тепловой и электрической обработки слоя на сжимаемость стеклоричной стружки учитывали размеры частиц стеклоричной ткани, которые изменяли в пределах $1/1,6 - 1,9/10^{-3}$ м.

Установлено, что с увеличением эквивалентного размера частиц, коэффициент сжимаемости слоя частиц уменьшается, а отношение $\beta_{\text{эл.обр.}}$ для разных размеров стружки является постоянной величиной. Следовательно, электрическая обработка оказывает идентичное влияние на интенсивность изменения сжимаемости слоя во всем диапазоне изменения размера частиц.

Для объяснения явлений, происходящих в свекловичной ткани при различных способах обработки сопоставляли данные по изменению упруго-пластических свойств со степенью проницаемости свекловичной ткани.

На рис. 2 показаны обобщенные результаты по воздействию тепловых и электрических факторов на коэффициент сжимаемости слоя стружки в зависимости от степени денатурации свекловичной ткани. Установлено, что при воздействии электрического поля коэффициент сжимаемости слоя стружки уменьшается на 30-50% по сравнению с термообработанной стружкой. В случае использования электрообработки электрический фактор не столь существенно сказывается на уменьшении коэффициента сжимаемости слоя β свекловичной стружки.

$\beta \cdot 10^5 \text{ н/н}$

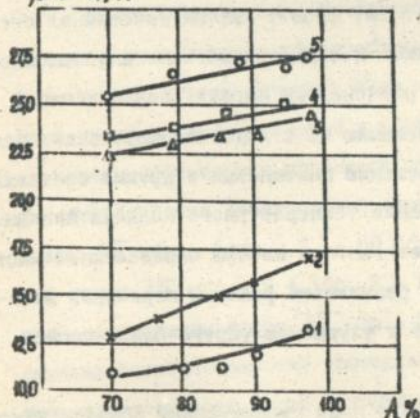


Рис. 2 Зависимость коэффициента сжимаемости слоя свекловичной стружки от степени денатурации свекловичной ткани: 1 - переменный ток; 2 - постоянный ток; 3 - вода; 4 - сок; 5 - пар.

Термообработка свекловичной стружки приводит к значительному ухудшению упруго-пластических свойств слоев свекловичных частиц и значения коэффициента сжимаемости слоя достигает максимальных значений.

В результате обработки экспериментальных данных получены эмпирические зависимости для расчета коэффициента сжимаемости

слоя частиц от степени денатурации стеклоричной ткани при обработке:

водой	- $\beta = (0,39 + 0,445 A) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$
соком	- $\beta = (0,487 + 0,174 A) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$
паром	- $\beta = (17,0 + 0,079 A) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$
постоянным	
током	- $\beta = (21,8 + 0,037 A) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$
переменным	
током	- $\beta = (18,2 + 0,121 A) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$

Уравнения применимы в пределах измены А от 70 до 100%.

Изменение упруго-пластических свойств слоя стеклоричной стружки, по всей вероятности, связано с различными механизмами воздействия тепловых и электрических факторов на стеклоричную ткань. При тепловом воздействии на стеклоричную ткань имеет место распространение тепла по всему фронту клеток /клеточная стенка - внутриклеточное содержимое и т.д./ аналогично многослойной стенке. При этом происходит равномерный нагрев всей клеточной системы, что приводит к разрушению не только плазматических мембран, но и к набуханию и разрушению пектиновых и других составляющих клеточных стенок. Наложение температурного поля на липидные компоненты мембран также может вызвать потерю определенной части ее структурных компонентов в результате разрывов переходов липидов. Все эти явления приводят к ухудшению упруго-пластических свойств ткани.

Воздействие электрического поля существенным образом изменяет ультраструктуру клеточной организации сахарной стеклы. Электрический ток действует селективно на клеточные мембраны сахарной стеклы, разрушает их, повышает степень денатурации стеклоричной ткани, но оставляет практически целой клеточную стенку. Поэ-

тому при электрообработке наблюдается увеличение степени денатурации суклоличной стружки при незначительном уменьшении упруго-пластических характеристик ткани.

Таким образом, с точки зрения стабилизации структурно-механических свойств суклоличной стружки наиболее приемлемой является обработка ткани в электрическом поле переменного или постоянного тока. Подача суклоличной стружки с высокой степенью денатурации клеток и низким значением коэффициента сжимаемости позволит улучшить фильтрационные характеристики слоя суклоличной стружки в диффузионных аппаратах суклосахарного производства.

Четвертая глава посвящена экспериментальному изучению влияния тепловой и электрической обработки на состав суклоличного сырья в процессе экстрагирования сахарозы.

Спыты, моделирующие противоточный процесс экстрагирования сахара с предварительной обработкой стружки, позволили получить нормативные потери сахара в жоме и диффузионный сок с концентрацией сухих веществ, близкой к производственной. Обработку стружки перед диффузионным процессом проводили по четырем вариантам: а - без обработки /контрольный опыт/; б - тепловая - суклоличным соком / τ обр. = 5 мин., $t = 80^{\circ}\text{C}$ /; в - электрическая - переменным током / τ обр. = 5 + 10 с, $E = 100-150 \text{ в/см}$ /; г - электрическая - постоянным током / τ обр. = 5 + 10 с, $E = 100-150 \text{ в/см}$ /. Во всех случаях электрообработку проводили до одинаковой степени плазмоллиза суклоличного сырья, которую контролировали по электропроводности растительной ткани.

Изучено поведение важнейших групп несахаров в суклоличном жоме /азотистых, безазотистых, минеральных веществ/ и состава мякоти /клетчатки и пектина/ в процессе экстрагирования при различ-

ных рядах предварительной обработки сырья.

Установлено, что при электрообработке среклоличного сырья образцы жема содержат больше белкового азота, клетчатка и мякоти.

Структурную основу оболочек растительных клеток, определяющую прочность, упругость и эластичность ткани, составляет целлюлоза или клетчатка, инкрустированная пектинами, низкомолекулярными фракциями целлюлозы и другими высшими полисахаридами. Поэтому ткань, имеющая более улучшенный целлюлозно-белково-пектиновый комплекс, имеет лучшие структурно-механические свойства, что и наблюдается при сопоставлении данных приведенных в таблицах I и 2.

Также в процессе обессахаривания среклоличной стружки выявлены закономерности по изменению содержания минеральных и редуцирующих веществ. Из опытов следует, что от головного к хвостовому диффузору содержание минеральных и редуцирующих веществ в среклоличной стружке уменьшается при всех способах обработки. Причем во всех диффузорах содержание минеральных и редуцирующих веществ в среклоличной стружке выше на 10-20% в опытах с предварительной электрической обработкой сырья, по сравнению с тепловой обработкой.

Накопление зольных элементов в ткани при ее электрообработке связано с тем, что часть неорганических ионов связана с органическими и высокомолекулярными ионами, имеющими высокий молекулярный вес и удерживаются в клеточных структурах за счет механизма поляризации и электрокоагуляции.

Проведено изучение структурных компонентов клеточных мембран в процессе тепловой и электрической обработки. С помощью современных методов исследований /применение ультрацентрифуг с ускорением до 100000g и методики Леонарда/ определена степень ра-

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ НА СОСТАВ СЕБЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Таблица 2

диф. °C	Вид обработки селенловичной стружки	Селенловичный жом										
		СВ, %	Сх, %	Азот общий	Азот белков.	Азот небелк.	Безазот. РВ	Пектин в-ва	Минералы в-ва	Мякоть	Клетчатка	Щелк. в-ва
в % к 1'юссе селенл.												
50°C	Без обработки	6,67	1,2	0,117	0,015	0,102	0,028	0,19	0,268	5,90	1,252	3,75
	Тепловая обработка	6,72	1,0	0,123	0,021	0,107	0,032	0,18	0,240	6,19	1,369	4,08
	Обр.перемен.током	6,78	0,8	0,121	0,014	0,107	0,035	0,12	0,271	6,24	1,470	4,42
	Обр.постоян.током	6,92	0,7	0,126	0,016	0,110	0,015	0,12	0,306	6,00	1,420	4,86
60°C	Без обработки	6,56	1,0	0,130	0,016	0,114	0,013	0,19	0,241	6,22	1,365	4,42
	Тепловая обработка	6,70	0,8	0,140	0,017	0,120	0,013	0,32	0,235	5,95	1,394	-
	Обр.перемен.током	6,86	0,7	0,134	0,016	0,118	0,014	0,15	0,244	6,45	1,412	4,94
	Обр.постоян.током	7,26	0,6	0,139	0,019	0,120	0,012	0,15	0,264	6,32	1,451	4,83
70°C	Без обработки	6,41	0,8	0,139	0,012	0,120	0,003	0,18	0,234	5,72	1,379	3,44
	Тепловая обработка	6,57	0,6	0,129	0,015	0,114	0,007	0,15	0,200	5,48	1,386	-
	Обр.перемен.током	6,62	0,4	0,120	0,023	0,127	0,010	0,20	0,248	5,82	1,471	4,14
	Обр.постоян.током	6,55	0,4	0,140	0,016	0,124	0,006	0,23	0,227	5,75	1,398	3,66

зрушения клеточной организации стеклоричной ткани при различных способах предварительной обработки. Установлено, что использование переменного электрического поля для обработки стеклоричной стружки приводит к наиболее глубокой деструкции клеточной организации ткани.

Разницу в полученных данных можно объяснить особенностью воздействия электрического поля на структуру мембран. Прохождение тока через клетку вызывает местный "перегрев" мембран /из-за их высокого удельного сопротивления/ и "расплавление фосфолипидов", из которых в основном состоят мембранные структуры. Этот эффект по всей вероятности и вызывает более полное локальное разрушение именно мембранных структур.

Таким образом физико-механические свойства стеклоричной ткани определяются природой, химическим составом, соотношением и свойствами основных высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений.

Использование переменного электрического поля для предварительной обработки стеклоричного сырья представляется наиболее эффективным.

В пятой главе представлены результаты опытно-промышленных испытаний аппарата для предварительной электрообработки стеклоричной стружки в технологической схеме наклонного экстрактора и предложены способы обработки стеклоричной стружки, хвостиков и боа стекла.

На основании лабораторных и производственных исследований предложены усовершенствованная конструкция барабанного и шнекового аппарата для электрической обработки растительного сырья.

В предложенных конструкциях /А.С. № 1761105 и пол. реш. № 4944695/13 / камера электрообработки выполнена в виде канала,

сужающегося по ходу движения стружки. Угол усечения камеры обработки определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{H(B_2 - B_1)}{L B_2}$$

где L - длина камеры обработки, м;

H - начальная высота камеры обработки, м;

B_1, B_2 - коэффициенты сжимаемости слоя частиц стекловидной стружки соответственно до обработки и после обработки.

В начале камеры электрообработки установлены электроды, подключенные к источнику переменного или постоянного тока. Под воздействием электрополя происходит частичное разрушение клеток сахарной стеклы. В этот момент структура слоя начинает уже изменяться и для увеличения эффективности процесса его необходимо подать на следующие электроды в уплотненном состоянии, т.е. уменьшить межэлектродное расстояние. Уплотненная стружка подается в следующую зону обработки. Электрообработка стружки в этой зоне приводит к практически полному разрушению клеток и обеспечивает необратимую электрокоагуляцию коллоидно-дисперсных примесей клеточного сока и их удержание непосредственно в стекловидной ткани. Этот эффект приводит к увеличению выхода сахара, повышению чистоты получаемого диффузионного сока и повышению питательной ценности жома.

Производственные испытания опытно-промышленной установки производительностью 3000 т/стеклы в сутки показали, что аппарат позволяет проводить электрообработку стекловидной стружки при напряженности электрического поля 100-150 В/см в течении 1-1,5 с с последующим осуществлением процесса экстрагирования в наклонном диффузионном аппарате. Установлено, что степень денатурации стекловидной стружки после электрической обработки достигает 85-90%.

В ходе диффузионного процесса свекловичная стружка подвергается температурному и механическому воздействию, что приводит к изменению ее упруго-пластических свойств, сжатию слоя и ухудшению массообмена. Расчет коэффициентов массоотдачи осуществляли по методу, учитывающему изменение массовых расходов взаимодействующих фаз в течении процесса экстрагирования.

Установлено, что с увеличением времени экстрагирования величина коэффициента массоотдачи уменьшается по всей длине экстрактора как при типовом способе, так и при обработке в электрическом поле. Однако при электрообработке свекловичной стружки величина коэффициента массоотдачи в 1,2-1,4 раза выше. /Рис.3/.

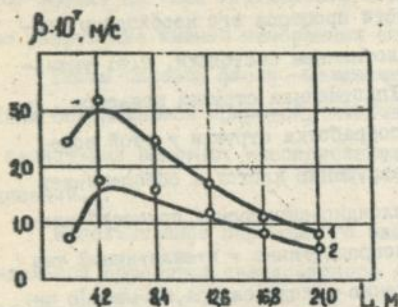


Рис.3 Изменение коэффициента массоотдачи от свекловичной стружки к экстрагенту по длине диффузионного аппарата: 1 - с электрообработкой свекловичной стружки; 2 - без обработки.

Увеличение коэффициента массоотдачи можно объяснить более высокими значениями модуля упругости свекловичной стружки после ее обработки и сохранением высоких упруго-пластических свойств ткани в течении всего процесса экстрагирования.

В результате промышленных испытаний аппаратурно-технологической схемы /рис.4/ установлено, что при обработке стружки электрическим током эффективность процесса экстрагирования увеличивается. Свекловичная стружка поступает в диффузионный аппарат уже подготовленной к процессу экстрагирования. В результате чего

снижаются потери в отработанном сырье на 0.05-0.08%, повышается чистота диффузионного сока на 0.8-1,3%.

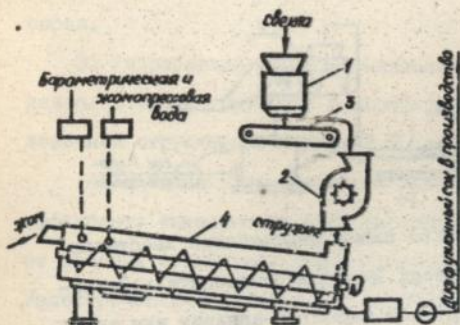


Рис.4 Аппаратурно-технологическая схема получения диффузионного сока в наклонном экстракторе с предварительной электрообработкой свекловичной стружки: 1-свеклорезка; 2-аппарат для электрообработки; 3-ленточный конвейер; 4-диффузионный аппарат.

На основании изучения механизма разрушения клеточных мембран в электрическом поле, изменения структурно-механических свойств ткани при ее обработке и с целью повышения выхода и качества сока из свекломассы разработана технология переработки хвостиков и боя свеклы с использованием электрической обработки полученной из них мезги. Аппаратурно-технологическая схема представлена на рис.5. Она предусматривает отделение тяжелых и легких примесей от хвостиков и боя свеклы, транспортировка их в сборник накопитель, измельчение хвостиков и боя свеклы на терочных машинах СТМ-100, дробилках ВДР-5, электрообработку полученной мезги в аппаратах шнекового или трубчатого типа, прессование на шнековом /типа ВШШ-5/ или ленточном прессе. Полученный высококачественный сок направляется в производство на известково-углекислотную очистку, а жмых вместе с отжатым жомом используется на корм скоту или высушивается вместе с отжатым жомом на заводах, оснащенных жомосушилками.

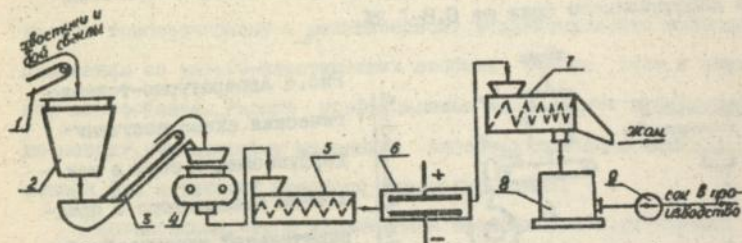


Рис.5 Аппаратурно-технологическая схема переработки хвостиков и боя свеклы: 1-транспортёр; 2-сборник-накопитель; 3-эле-ватор; 4-дробилка; 5-винтовой насос; 6-аппарат для элект-рообработки; 7-пресс; 8-сборник сока; 9-насос.

Проведенные испытания показали, что электрообработка изме-льченной массы перед прессованием позволяет увеличить выход со-ка на 10-15% и повысить его качество на 2,0-2,5%. Таким образом, использование предварительной электрообработки свекловичной тка-ни обеспечивает создание высокоэффективных технологий и устано-вок для извлечения сахара из растительного сырья.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В результате теоретического анализа, лабораторных и про-мышленных исследований установлена возможность применения элект-рических полей для улучшения показателей физико-механических свойств свекловичной ткани и интенсификации массообмена в проце-ссе экстрагирования сахарозы. Изучено изменение структуры клето-чных мембран в процессе тепловой и электрической обработки. Ус-тановлено, что электрическая обработка в равных условиях приводит к более полному (на 20-30% / разрушению мембранных структур, чем тепловая обработка, применяя типовой в сахарной промышленности.

2. Установлена принадлежность слоя свекловичных частиц к модели упруго-пластического тела. Выбран метод одноосного сжатия

для исследования основных напряжений и деформации свекловичного сырья.

3. Разработана экспериментальная установка и методика определения модуля упругости и коэффициента сжимаемости слоя свекловичной стружки при тепловой и электрической обработке.

4. Найдены закономерности изменения модуля упругости и коэффициента сжимаемости слоя свекловичной стружки в зависимости от времени обработки, температуры процесса и способа обработки /электрический ток, пар, вода, диффузионный сок/.

5. Установлено, что по сравнению с тепловой обработкой, электросборотка свекловичной ткани в равных условиях на 30-50% улучшает упруго-пластические характеристики слоя свекловичной стружки, что обеспечивает достижение максимальной степени ее проницаемости и минимальные изменения ее структурно-механических свойств.

6. Получены зависимости модуля упругости свекловичной ткани и коэффициента сжимаемости слоя частиц от параметров тепловой и электрической обработки сырья.

7. Установлено, что причиной изменения физико-механических свойств свекловичной стружки при различных способах ее предварительной физической обработки является изменение состава и свойств целлюлозно-белково-пектинового комплекса клеточных структур свекловичной ткани.

8. На основании результатов исследований разработаны и испытаны конструкции аппаратов барабанного /А.С. № 1751105/ и шнекового /Пол.реш. № 4944659/13/ типов для электрообработки свекловичной стружки, обеспечивающих эффективное дополнительное разрушение клеточных мембран свекловичной ткани перед диффузионным процессом.

9. Разработан и испытан также способ переработки хвостиков и боя свеклы с дополнительной их электрообработкой, обеспечивающий увеличение количества сока на 10-15% и повышение его доброкачественности на 2,0-2,5%.

10. Разработаны аппаратурно-технологические схемы диффузионного отделения сахарного завода с применением аппаратов для предварительной обработки свекловичной стружки и способа переработки хвостиков и боя свеклы. Промышленные испытания схемы показали, что она обеспечивает получение более качественных соков, интенсифицирует массообмен в процессе экстрагирования сахарозы в 1,3-1,4 раза, снижает потери сахарозы в отработанном сырье на 10-15%. Ожидаемый экономический эффект от внедрения способа предварительной электрообработки свекловичного сырья в ценах 1992 года составил 2 млн.крб.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фицук П.У., Васильева О.О., Данькевич Г.Н. Выделение и количественное определение углеводов, полученных из растительного сырья в электрическом поле. /6-я Всесоюзная научно-техническая конференция "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья": Тез. докл. М., 1989. - С. 253
2. Данькевич Г.Н., Долинская И.Н., Купчик М.П. Влияние электрообработки свекловичной стружки на физико-механические свойства и состав диффузионного сока. //Научная конференция "Научное обеспечение, хранение и переработка растительного сырья в пищевой промышленности": Тез. докл. - М., 1991г.
3. Данькевич Г.Н., Долинская И.Н., Матвиенко А.Б. Кинетика экстрагирования несахаров при воздействии температуры и электрического поля на свекловичную стружку. //Агробиотехнология Инф. сб. н

рник - М. 1991. - Вып. 3 - С. 18-20

4. Влияние электрообработки на физико-механические свойства свекловичной стружки /Г.Н.Данькевич, М.П.Купчик, И.С.Гулый, И.М.Катроха, А.Б.Матвиенко // Республиканская научно-техническая конференция "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевой и перерабатывающие отрасли АПК." Тез. докл. - Киев, 1991. - С. 54-55
5. Влияние тепловой и электрической обработки на упруго-пластические свойства свекловичной стружки /Г.Н.Данькевич, И.С.Гулый, А.Б.Матвиенко, И.Н.Долинская, М.П.Купчик, И.М.Катроха // Электронная обработка материалов - 1991. - № 4 С. 59-61
6. Влияние электрических и тепловых факторов на эффективность процесса извлечения растворимых веществ из растительного сырья /И.Н.Долинская, Г.Н.Данькевич, И.С.Гулый, М.П.Купчик и др. // Электронная обработка материалов. - 1992. - № 1 - С. 66-69
7. Упруго-пластические свойства слоя свекловичной стружки при тепловой обработке /Г.Н.Данькевич, А.Б.Матвиенко, П.У.Фищук, М.П.Купчик, И.М.Катроха // Известия вузов. Пищевая технология - 1993. - № 1 - С.
8. А.С. 1761105 СССР МКИ А 23 I/00. Электроплазмоллизатор для сокостружечной смеси. / М.П.Купчик, И.С.Гулый, Г.Н.Данькевич и др. Б.И. - 1992. - № 34
9. Электроплазмоллизатор для свекловичной стружки /А.Б.Матвиенко, М.П.Купчик, И.С.Гулый, Г.Н.Данькевич и др. Пат. реш. ВНИИТЭС по заявке № 4944695/13/049306/ от 13.06.91.
10. "Взаємозв'язок структурно-механічних та електрофізичних властивостей бурякової тканини /Г.М.Данькевич, А.Б.Матвиенко, М.П.Купчик, І.М.Катроха // Тези доп. міжнародної науково-технічної конф. "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість". - Київ: 1993. - С.11-12

Подл. к печ. 24.03.94. Формат 66 x 84 I/16
Усл.печ.л I/8 Тираж 100. Зак. 3497 бесплатно

Участок оперативной полиграфии СММ НПО "Сахар".
К. в-24, ул.Литвежская, 20

AB 29.711

AB 29.711