



*На правах рукописи*

МАТВИЕНКО НАТАЛЬЯ АЛЕКСЕЕВНА

**РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ  
СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДИФФУЗИОННОГО СОКА И  
КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Специальность: 05.18.05 – «Технология сахара и сахаристых продуктов,  
чая, табака и субтропических культур»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**2 5 НОЯ 2010**

Воронеж - 2010

Работа выполнена на кафедре технологии сахаристых веществ  
ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия».

Научный руководитель: - доктор технических наук, профессор  
**Лосева Валентина Александровна**  
(ГОУ ВПО «Воронежская государственная  
технологическая академия»)

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор  
**Магомедов Газибег Омарович**  
(ГОУ ВПО «Воронежская государственная  
технологическая академия»)

- кандидат технических наук, доцент  
**Апасов Игорь Владиславович**  
(ГНУ Всероссийский научно-  
исследовательский институт сахарной свек-  
лы и сахара им. А.Л. Мазлумова Россельхо-  
закадемии)

Ведущая организация: - **ГНУ Российский научно-  
исследовательский институт сахарной  
промышленности Россельхозакадемии,  
г. Курск**

Защита диссертации состоится «01» декабря 2010 года в 14<sup>00</sup> ча-  
сов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаци-  
он Д 212.035.06 при ГОУ ВПО «Воронежская государственная техноло-  
гическая академия» по адресу: 394036, Воронеж, проспект Революции,  
д. 19, конференц-зал.

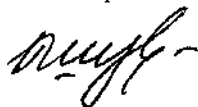
Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печат-  
ью учреждения, просим направлять по указанному выше адресу на имя учено-  
го секретаря совета доц. Г.П. Шуваевой.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат размещен на официальном сайте ВГТА  
[www.vgta.vrn.ru](http://www.vgta.vrn.ru) « 28 » октября 2010 года.

Автореферат разослан « 28 » октября 2010 г.

Ученый секретарь совета



**Г.П. Шуваева**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одной из приоритетных задач государственной политики Российской Федерации является обеспечение продовольственной безопасности. К 2009 году возросла зависимость России от импорта сахара-сырца, снизились производство и конкурентоспособность сахара из свеклы, уменьшились посевы свеклы. Для выживания отечественной сахарной промышленности нужны меры по адаптации заводов к условиям мировой конкуренции на основе развития и внедрения новых высокоэффективных энерго- ресурсосберегающих технологий, повышения уровня продовольственной безопасности страны путем роста объемов производства отечественной продукции, а также рационального использования основных и вторичных ресурсов.

В связи с этим, актуальна разработка научных основ безотходных экологически безопасных технологий переработки сахарной свеклы, предусматривающих не только рациональное использование первичных сырьевых ресурсов, но и комплексную переработку ценных вторичных сырьевых ресурсов с получением новых функциональных продуктов защитного, оздоровительного, лечебно-профилактического назначения. Одним из направлений решения этой задачи является усовершенствование процесса экстрагирования сахарозы с одновременной очисткой диффузионного сока и получением экологически чистого жома посредством предварительной подготовки свекловичной стружки и экстрагента с применением инновационных технологий. Полученный жом можно эффективно использовать как сырье для производства новой продукции (пектина и пищевых волокон), расширяющей ассортимент отечественных недорогих функциональных продуктов питания, что в свою очередь является стратегическим направлением развития пищевой промышленности согласно Концепции государственной политики в области здорового питания населения России.

Вопросами развития теории и совершенствования диффузионного процесса, а также технологии производства и применения пектинов и пищевых волокон занимались П.М. Силин, А.Р. Сапронов, М.И. Дашев, И.Ф. Бугаенко, Л.Д. Бобровник, Ю.И. Молотилин, А.А. Славянский, В.А. Лосева, В.А. Гольбин, А.И. Громковский, Р.С. Решетова, В.В. Спичак, Г.Б. Аймухамедова, З.Д. Ашубаева, Н.П. Шелухина, Л.Б. Сосновский, Л.В. Донченко, Г.М. Зайко, И.С. Карпович, А.А. Кочеткова, И.А. Ильина, В.М. Голубев, А.М. Богус и многие другие ученые.

Таким образом, разработка новых способов подготовки свекловичной стружки и экстрагента, а также переработки вторичных ресурсов растительного сырья с получением пектина и пищевых волокон, осно-

ванных на использовании интенсивных физико-химических методов, является перспективным и актуальным научным направлением в развитии технологий сахара, пектина и пищевых волокон, отвечающих современным требованиям.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы состояла в проведении комплексных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку и изучение способов повышения эффективности очистки диффузионного сока на стадиях подготовки стружки и экстрагента, а также способов комплексной переработки растительного сырья с получением пектина и пищевых волокон высокого качества, основанных на применении высокоэффективных электрохимических технологий.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- изучить влияние способов подготовки свекловичной стружки и воды к процессу экстрагирования с применением различных реагентов (сульфата алюминия, бентонита и гипса) для получения ЭХА растворов на качественные показатели соков;

- исследовать влияние вида и массовой доли реагентов в ЭХА растворах на качество очищаемых соков и степень удаления высокомолекулярных соединений, выбрать наиболее эффективный реагент;

- изучить влияние параметров проведения процесса гидролиза-экстрагирования свекловичного жома с применением электрохимической активации на физико-химические показатели качества пищевых волокон (ПВ) и пектина;

- определить состав пищевых волокон из свекловичного жома, полученных при использовании ЭХА растворов;

- разработать способы получения пектина и пищевых волокон из свекловичного жома;

- выбрать наиболее рациональные параметры процесса получения пектина и пищевых волокон из тыквы на основе электрохимической активации;

- исследовать влияние электрохимической активации на эффективность переработки отжимов столовой свеклы для получения пектина и пищевых волокон;

- провести анализ экономической эффективности способов подготовки свекловичной стружки и воды к процессу экстрагирования, а также получения пектина и пищевых волокон высокого качества из свекловичного жома с использованием электрохимически активированных растворов.

**Научная новизна.** Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность и целесообразность применения электрохимически активированных водных систем на стадиях подготовки свекловичной стружки и воды к процессу экстрагирования сахарозы с целью повышения эффективности очистки диффузионного сока, а также в качестве экологически чистого гидролизующего агента для интенсификации процессов гидролиза-экстрагирования пектинов из различного растительного сырья с дополнительным извлечением пищевых волокон высокого качества.

Найдены зависимости чистоты, эффекта очистки, цветности соков от способов подготовки свекловичной стружки и экстрагента с помощью ЭХА растворов бентонита, гипса, сульфата алюминия, от вида реагента, используемого для приготовления ЭХА раствора, согласно полученным результатам выбран наиболее эффективный реагент.

Определены зависимости качественных показателей диффузионного и очищенного соков (чистоты, эффекта очистки, цветности, содержания пектиновых, редуцирующих веществ, солей кальция), а также динамика изменения содержания высокомолекулярных соединений в соках от массовой доли бентонита и гипса в ЭХА растворах.

В результате математической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, описывающие зависимость качественных показателей очищенного сока от параметров проведения процесса экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки, предварительно обработанной ЭХА растворами гипса.

Экспериментально исследовано влияние параметров проведения процесса гидролиза-экстрагирования (рН, температура, продолжительность, гидромодуль) при получении пектина и пищевых волокон из свекловичного жома с применением ЭХА гидролизующего агента на физико-химические характеристики пектина (содержание карбоксильных, метоксильных групп, пектина в порошке, степень этерификации) и ПВ (водоудерживающую и адсорбционную способности), а также на выход пектина.

Установлена зависимость качественных показателей ПВ и выхода пектиновых веществ из выжимок тыквы и столовой свеклы от рН гидролизующего агента, полученного электрохимическим синтезом, температуры, продолжительности и гидромодуля процесса гидролиза-экстрагирования.

**Практическая значимость.** Теоретические обобщения и экспериментальные исследования являются научной основой для совершенствования известных и создания принципиально новых технологических

решений для повышения эффективности очистки соков сахарного производства и переработки вторичного растительного сырья с получением функциональных продуктов.

Выбраны рациональные условия проведения процесса экстрагирования при использовании ЭХА растворов гипса для подготовки стружки и воды с точки зрения качества очищенного сока.

Определены рациональные технологические параметры процесса гидролиза-экстрагирования при получении пектина и пищевых волокон из свекловичного жома и обоснованы преимущества использования ЭХА гидролизующего агента для интенсификации процесса извлечения пектиновых веществ из растительного сырья с возможностью дополнительного выделения пищевых волокон.

В результате выполнения данной работы рекомендованы промышленности:

способ производства пектина и пищевых волокон из сахарной свёклы (патент РФ № 2261868);

способы получения пищевых волокон из свекловичного жома (патент РФ № 2288954, 2340678).

#### **Научные положения, выносимые на защиту:**

- теоретическое и экспериментальное обоснование применения интенсивных электрохимических методов для усовершенствования экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки и повышения эффективности комплексной переработки растительного сырья;

- способы, параметры и технологические режимы проведения диффузионного процесса с использованием электрохимически активированных растворов на стадиях подготовки стружки и воды, позволяющие повысить качество и эффективность очистки соков, а также получить экологически чистый жом с минимальным содержанием сахарозы;

- способы, параметры и технологические режимы получения пектина и пищевых волокон из вторичного сырья, основанные на использовании высокоэффективных экологически чистых электрохимических технологий, способствующих интенсификации технологических процессов, повышению выхода и качества готовых продуктов.

#### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационное исследование соответствует п. 1, 3, 4 паспорта специальности 05.18.05 – «Технология сахара и сахаристых продуктов, чая, табака и субтропических культур».

**Апробация работы.** Основные положения работы и результаты экспериментальных исследований докладывались и обсуждались на отчетных научных конференциях Воронежской государственной техноло-

гической академии (2004 г., 2007-2010 гг.); XIX Российской молодежной научной конференции, посвященной 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Екатеринбург, 2009 г.); II Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности», посвященной 100-летию Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора В.И. Попова (г. Воронеж, 2004 г.); международной научно-практической конференции «Разработка новых и совершенствование существующих технологий, оборудования и методов контроля сахарного производства» (г. Воронеж, 2005 г.); II Международного форума «Аналитика и аналитики» (г. Воронеж, 2008 г.); XXII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях» (г. Иваново, 2009 г.); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства» (г. Йошкар-Ола, 2010 г.).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 23 печатные работы, 5 из которых в изданиях, включенных в перечень изданий, рекомендованных ВАК, в том числе получены три патента РФ.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа изложена на 201 странице машинописного текста, содержит 26 рисунков, 26 таблиц и 10 страниц приложений. Список использованной литературы включает 361 наименование, из них 34 работы зарубежных авторов.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** проведен анализ существующих способов подготовки экстрагента и свекловичной стружки к диффузионному процессу с применением различных физико-химических методов, рассмотрены известные варианты получения пектина и пищевых волокон из растительного сырья и отходов его переработки.

**Во второй главе** описаны объекты и методы исследований, установка для получения электрохимически активированных растворов.

Экспериментальные исследования проводились в условиях НИЛ кафедр ВГТА – технологии сахаристых веществ, физической и коллоидной химии, а также аналитического центра в соответствии с представленной схемой (рис. 1).



Рис. 1 Схема экспериментальных исследований



В третьей главе изучено влияние подготовки свекловичной стружки и экстрагента к процессу экстрагирования с использованием электрохимически активированных растворов бентонита, гипса и сульфата алюминия на качественные показатели получаемых соков.

Проведены исследования по выбору способа обработки свекловичной стружки, которые показали, что наиболее эффективно подготавливать стружку посредством ее опрыскивания анолитом с последующим ошпариванием католитом (рис. 2). При обработке стружки ЭХА анолитами ее поверхность дезинфицируется, происходит инактивация ферментов, вследствие чего отсутствуют видимые признаки протекания окислительных реакций. Последующая обработка католитами, содержащими ионы поливалентных металлов, способствует фиксации группы нес сахаров в стружке, что препятствует переходу и накоплению их в диффузионном соке. Это достигается за счет того, что указанные ионы взаимодействуют с протопектином клеточных стенок, образуя нерастворимый протопектинат кальция и обеспечивают закрепление пектина и сопутствующих гемицеллюлоз в составе клеточных стенок ткани свекловичной стружки даже при длительном воздействии высоких температур.



Рис. 2. Зависимость чистоты соков от варианта подготовки свекловичной стружки с применением бентонита (а) и гипса (б) для ЭХА воды: 1 - опрыскивание анолитом; 2 - опрыскивание анолитом, ошпаривание анолитом; 3 - опрыскивание анолитом, ошпаривание католитом; 4 - ошпаривание анолитом, опрыскивание анолитом

Проведен сравнительный анализ реагентов для приготовления ЭХА растворов, используемых при обработке свекловичной стружки, относительно качества получаемых соков (табл. 1).

Использование ЭХА растворов бентонита и гипса наиболее эффективно с точки зрения качества получаемых соков. Обработка стружки ЭХА растворами бентонита приводит к повышению чистоты диффузионного и очищенного соков на 1,07 % и 1,79 % соответственно, при этом потери сахарозы в жоме снижаются на 0,09 %, а цветность сока II сатурации уменьшается на 1,58 усл. ед. по сравнению с соками полученными из необработанной стружки. Наилучшие результаты по технологическим показателям достигаются при использовании ЭХА растворов гипса.

Таблица 1

Влияние вида реагента, используемого для ЭХА растворов, на качественные показатели соков

Вариант подготовки стружки (реагент, используемый для приготовления ЭХА раствора)	Показатели соков					Потери сахарозы в жоме, %
	Диффузионный сок		Сок II сатурации			
	Ч, %	Эф.оч, %	Ч, %	Цв, усл.ед.	Эф.оч, %	
1 без обработки	87,03	8,31	90,73	8,46	31,32	0,30
2 сульфат алюминия	87,75	13,96	91,82	7,02	36,44	0,26
3 гипс	88,26	18,02	92,88	6,85	42,36	0,18
4 бентонит	88,10	16,75	92,52	6,88	40,15	0,21

Изучено влияния массовой доли бентонита и гипса на качественные показатели диффузионного сока и сока II сатурации (рис. 3).

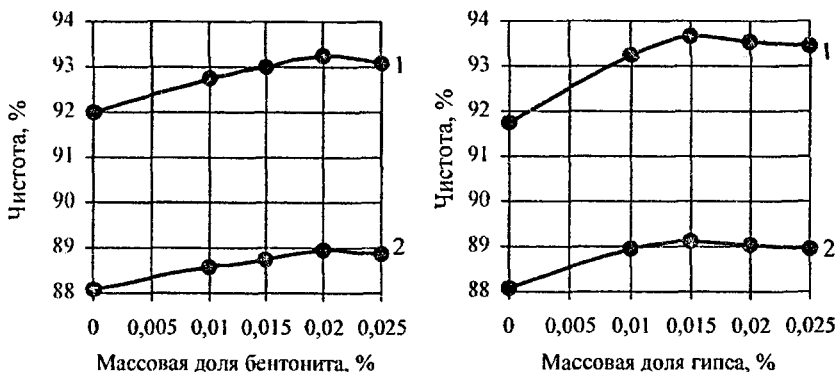


Рис. 3. Зависимость чистоты соков от массовой доли бентонита и гипса в ЭХА растворе: 1 - диффузионный сок, 2 - очищенный сок

Установлено, что при повышении массовой доли реагентов качественные показатели анализируемых соков увеличиваются, достигая своего максимума при массовой доле бентонита 0,02 % и гипса 0,015 %.

При этом эффект очистки на диффузии повышается на 7,23 % и 8,97 %, а общий эффект очистки на дефеко saturации – на 5,97 % и 11,03 % при использовании ЭХА растворов бентонита и гипса, соответственно, по сравнению с традиционной схемой. Дальнейшее добавление реагентов приводит к ухудшению показателей качества исследуемых соков.

Исследовано влияние массовой доли реагентов на содержание ВМС в получаемых соках (рис. 4).

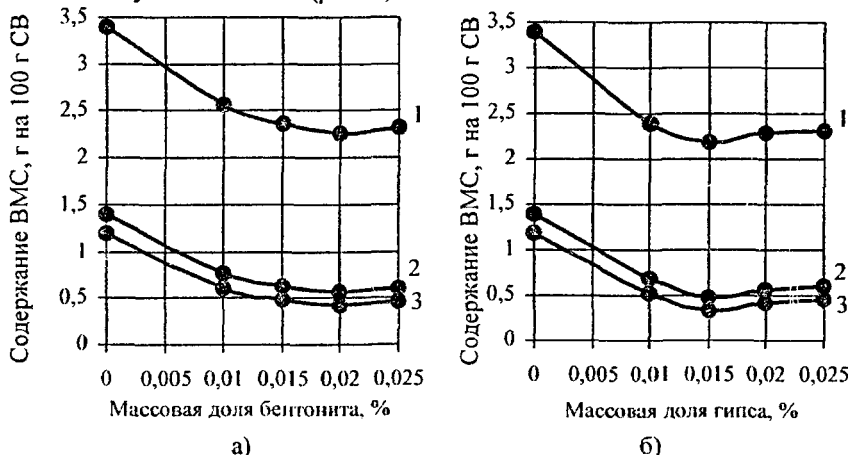


Рис. 4. Зависимость содержания ВМС в соках от массовой доли реагентов в ЭХА растворе: 1 - диффузионный сок, 2 - преддефекованный сок, 3 - очищенный сок

Минимальное содержание ВМС в анализируемых соках соответствует массовой доле бентонита 0,02 % и гипса 0,015 % в ЭХА растворах, при этом содержание ВМС в диффузионном соке снижается в 1,5 и 1,6 раза, в преддефекованном соке – в 2,5 и 3 раза, а в соке II сатурации – в 2,8 и 3,5 раза, соответственно, по сравнению с традиционной схемой. При меньших концентрациях содержание ВМС заметно выше, а использование более концентрированных растворов незначительно повышает эту характеристику.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, показывающие зависимости чистоты очищенного сока ( $Y_1$ , %), массовой доли кальциевых солей ( $Y_2$ , %), цветности очищенного сока ( $Y_3$ , усл. ед) от температуры ( $X_1$ , °С), продолжительности диффузионного процесса ( $X_2$ , мин) и массовой доли

гипса в ЭХА растворе ( $X_3$ , %):

$$Y_1 = 93,5384 - 0,376657 \cdot X_1 - 0,220551 \cdot X_2 - 0,200485 \cdot X_3 - 0,712687 \cdot X_1^2 + 0,19375 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,03125 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,382196 \cdot X_2^2 + 0,08375 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,189557 \cdot X_3^2;$$

$$Y_2 = 0,00590337 + 0,000266213 \cdot X_1 - 0,0000732158 \cdot X_2 + 0,000712244 \cdot X_3 + 0,00128712 \cdot X_1^2 - 0,000375 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,000625 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,00199405 \cdot X_2^2 + 0,000625 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,00164058 \cdot X_3^2;$$

$$Y_3 = 3,97148 + 0,517022 \cdot X_1 + 0,268843 \cdot X_2 + 0,2147 \cdot X_3 + 0,435207 \cdot X_1^2 + 0,20875 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,00625 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,64552 \cdot X_2^2 + 0,12375 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,474088 \cdot X_3^2.$$

Полученные экспериментальные данные позволяют прогнозировать качество очищенного сока в зависимости от параметров процесса экстрагирования и свидетельствуют о целесообразности подготовки стружки и воды с использованием ЭХА растворов гипса с массовой долей 0,015 % и проведения диффузии при температуре 65 °С в течение 70 минут.

В результате проведенных исследований предложена аппаратурно-технологическая схема подготовки свекловичной стружки и воды к диффузионному процессу (рис. 5)

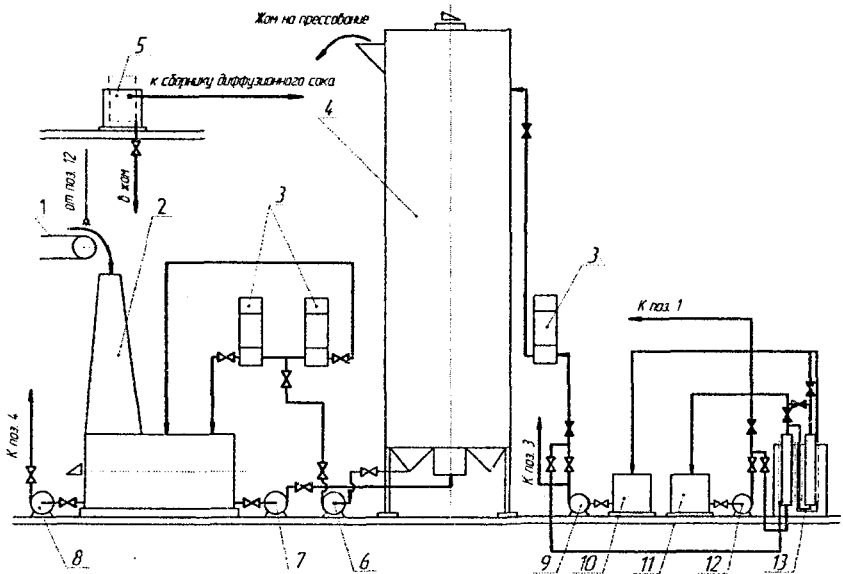


Рис. 5. Аппаратурно-технологическая схема подготовки свекловичной стружки и воды к диффузионному процессу: 1 – транспортер стружки; 2 – ошпариватель; 3 – подогреватель; 4 – диффузионный аппарат; 5 – мезголоушка; 6,7,8,9,12 – насосы; 10 – сборник католита; 11 – сборник анолита; 13 – активатор

В четвертой главе исследовано использование ЭХА растворов при получении пектина и пищевых волокон (ПВ) из отходов растительного сырья. Разработана схема получения пектина с дополнительным извлечением пищевых волокон из растительного сырья (рис. 4).



Рис. 6 Схема получения пектина и пищевых волокон из растительного сырья

Изучено влияние параметров проведения процесса гидролиза-экстрагирования (рН, температуры, продолжительности, гидромодуля) на физико-химические характеристики пектиновых веществ и ПВ полученных с применением ЭХА раствора и раствора соляной кислоты (табл. 2, рис. 7).

Таблица 2  
Влияние рН гидролизующего агента на физико-химические показатели и выход пектина из свежесквашенного жома

Гидролизующий агент	рН <sub>20</sub>	t, °С	K <sub>c</sub> , %	K <sub>г</sub> , %	K <sub>о</sub> , %	Ст.Е, %	П, %	СН <sub>3</sub> O, %	ВП, %
Вода с НСl	2,7	65	10,35	8,91	19,26	46,26	78,10	7,86	12,36
	2,5		10,03	8,87	18,9	46,93	76,68	7,97	15,00
	2,3		9,82	7,35	17,17	42,81	69,44	7,29	15,83
	1,9		8,02	4,92	12,94	38,02	52,14	6,50	16,35
Активная вода	2,7	65	12,51	10,21	22,72	44,94	92,04	7,64	17,10
	2,5		13,05	11,02	24,07	45,78	97,57	7,78	18,60
	2,3		12,27	9,54	21,81	43,74	88,27	7,45	18,71
	1,9		10,02	6,85	16,87	40,61	68,11	6,93	18,70
Вода с НСl	2,5	60	10,12	7,32	17,44	41,97	70,49	7,15	10,51
		65	10,00	7,11	17,11	41,56	69,13	7,10	12,62
		75	7,86	4,75	12,61	37,67	50,79	6,44	16,81
		80	6,03	3,34	9,37	35,66	37,69	6,11	16,04
Активная вода	2,5	60	12,61	9,83	22,44	43,81	90,82	7,46	17,21
		65	13,42	10,87	24,29	44,75	98,38	7,61	18,65
		75	11,15	8,23	19,38	42,47	78,36	7,24	18,86
		80	9,67	6,03	15,7	38,41	63,28	6,56	17,94

Использование ЭХА воды с рН более 2,5 не обеспечивает требуемой степени гидролиза, выход пектина снижается. При рН ЭХА воды менее 2,5 создаются очень жесткие условия гидролиза, пектиновые вещества, экстрагируемые из сырья в жидкую фазу, подвергаются дополнительному кислотному воздействию, что способствует деградации молекул, резкому снижению качества. Наибольшими ВУС (5,33 г/г ПВ) и адсорбционной способностью (61,35 %) обладают волокна, полученные на ЭХА воде с рН 2,5.

При повышении температуры до 65 °С в жидкой фазе увеличивается концентрация пектиновых веществ, их выход (до 18,65 % на активной воде), содержание карбоксильных групп, чистота пектина и степень этерификации. Дальнейший рост температуры приводит к резкому снижению качества пектина и ПВ, вследствие разрушения растительной массы в кислой

среде под действием высоких температур, особенно это характерно для продуктов, полученных с использованием HCl.

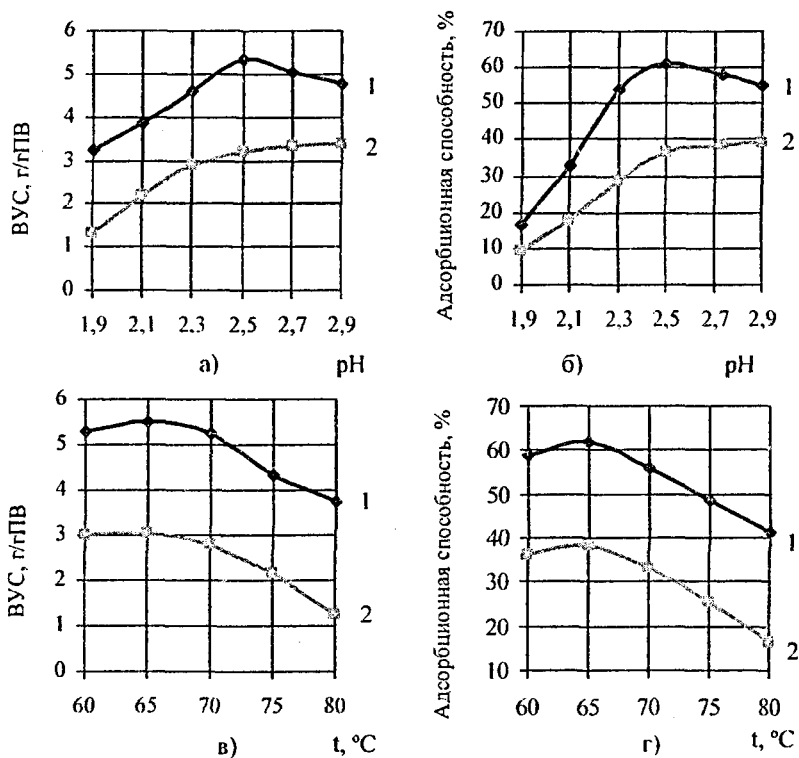


Рис. 7 Зависимость ВУС и адсорбционной способности пищевых волокон свекловичного жома от pH ЭХА раствора (а,б) и температуры процесса (в,г): 1 - ПВ, полученные на ЭХА растворе; 2 - ПВ, полученные на воде с HCl

Исследование влияния времени процесса гидролиза-экстрагирования показало, что при продолжительности от 60 до 90 минут качество и выход пектина повышаются, по истечении 90 минут достигая максимума в случае использования ЭХА раствора.

При гидромодуле менее 1:6 значительно возрастает вязкость гидролизующей смеси, усложняется экстрагирование пектиновых веществ, уменьшается выход пектина. Наилучшим качеством обладают ПВ, полученные путем разведения сырья до значения гидромодуля 1:7 (ВУС =

5,55 г/гПВ, адсорбционная способность – 64 %). Возрастание гидромодуля от 1:7 до 1:10 существенно не влияет на качественные показатели образцов, однако при этом в технологическом цикле повышается расход вспомогательных материалов.

Согласно результатам анализа ПВ, полученные на ЭХА воде, имели следующий химический состав, %: суммарное количество ПВ - 80-85, в том числе: целлюлозы - 23-25, гемицеллюлоз - 30-32, пектина - 10-12, лигнина - 2-4, сахара - 2-4, золы - 3-4.

Исходя из проведенного математического описания процесса гидролиза-экстрагирования пектина из свекловичного сырья с дополнительным извлечением пищевых волокон, можно рекомендовать следующий режим данной операции: рН ЭХА воды - 2,5; температура – 65 °С; продолжительность – 90 минут; гидромодуль жомоводяной смеси – 1:7-1:8. При этом полученные пектин и пищевые волокна имеют наилучшее качество ( $K_c = 13,42$  %,  $K_c = 10,54$  %, степень этерификации – 44 %, чистота порошка пектина – 96 %, ВУС = 5,55 г/г ПВ, адсорбционная способность – 64 %).

На основании полученных экспериментальных данных разработан способ получения пектина и пищевых волокон из свекловичного жома с использованием электрохимически активированных растворов (патент РФ № 2261868). Также разработан способ получения пищевой добавки, обладающей улучшенными потребительскими характеристиками, предусматривающий смешивание пищевых волокон свекловичного жома с измельченной кожурой апельсина и концентратом сладких веществ стевии в количестве 5-10 % и 0,05-0,10 % к массе обезвоженных свекловичных волокон, соответственно (патент РФ № 2288954). Установлено, что обработка свекловичной стружки перед диффузионным процессом кальцийсодержащим реагентом приводит к повышению сорбционных свойств пищевых волокон, выделенных из полученного жома. Способ позволяет увеличить выход ПВ на 4-6 %, в том числе целлюлозы на 2-4 %, гемицеллюлоз на 3-5 %, пектиновых веществ на 5-6 %; ВУС повышается на 0,7-0,8 г/гПВ, а адсорбционная емкость - на 2,6-7,7 мг-экв/г ПВ. Эффективность предложенного технического решения подтверждена патентом РФ № 2340678.

Наряду со свекловичным жомом получены экспериментальные зависимости выхода пектина и свойств ПВ от параметров проведения процесса гидролиза-экстрагирования при извлечении пектина и ПВ из отжимов тыквы и столовой свеклы с использованием ЭХА гидролизующего агента. Разработанными параметрами процесса гидролиза-экстрагирования тыквенного и свекольного сырья являются: рН ЭХА



воды 4,0 и 3,5, соответственно; продолжительность 60 минут; температура 60-70 °С, гидромодуль 1:4-1:5. Физико-химические характеристики и выход готовых продуктов, полученных в указанных режимах, приведены в таблице 3.

Таблица 3  
Свойства пектина и ПВ тыквы и столовой свеклы

Сырье	Свойства пектина					Выход пектина, %	Свойства ПВ	
	K <sub>e</sub> , %	K <sub>с</sub> , %	K <sub>н</sub> , %	Ст.Е, %	ПКК, %		ВУС, г/гПВ	АС, %
Тыква	5,58	13,15	18,73	70,21	77,35	17,43	15,00	-
Столовая свекла	7,86	10,96	18,82	58,24	77,02	10,30	8,71	32,60

В пятой главе определены расчетные экономические эффекты от внедрения способа получения пищевых волокон и пектина из свекловичного жома для цеха производственной мощностью 500 т пектина в год, который составит 6944701,96 руб. (за 300 суток работы), и от способа подготовки свекловичной стружки и воды к процессу диффузии - 14134004,18 руб. (за 100 суток работы завода мощностью 6000 т/сут).

### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработаны и научно обоснованы интенсивные способы экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки и комплексной переработки растительного сырья, заключающиеся в использовании электрохимически активированных растворов на стадии подготовки воды и стружки, а также в качестве гидролизующего агента для производства пектина и ПВ.

2. Установлен эффективный вариант подготовки свекловичной стружки к процессу экстрагирования посредством обработки ее ЭХА растворами бентонита, гипса и сульфата алюминия, заключающийся в предварительном опрыскивании анолитом с последующим ошпариванием катодитом указанных реагентов. Показано, что более целесообразно применение ЭХА растворов бентонита и гипса, способствующее повышению чистоты очищенного сока на 1,79 % и 2,15 %, снижению цветности на 1,58 и 1,61 усл. ед., соответственно.

3. Найден зависимости качественных показателей соков от массовой доли гипса и бентонита в ЭХА растворах, показывающие, что наилучшим качеством характеризуются соки, полученные при использовании ЭХА растворов с массовой долей бентонита 0,02 % и гипса 0,015 %. При этом эффект очистки на диффузии повышается на 7,23 % и 8,97 %, эффект очистки на дефекосатурации - на 5,97 % и 11,03 %, со-

держание ВМС в диффузионном соке снижается в 1,5 и 1,6 раза, в преддефектованном соке – в 2,5 и 3 раза, а в соке II сатурации – в 2,8 и 3,5 раза при использовании ЭХА растворов бентонита и гипса, соответственно, по сравнению с традиционной схемой.

4. В результате статистической обработки экспериментальных данных получено математическое описание процесса экстрагирования сахарозы из предварительно обработанной ЭХА растворами гипса свекловичной стружки, позволяющее прогнозировать технологические показатели качества очищенного сока в зависимости от режимных параметров проведения диффузии.

5. Разработан режим получения пектина и ПВ высокого качества, согласно которому гидролиз-экстрагирование свекловичного жома необходимо проводить при следующих условиях: pH ЭХА раствора 2,5, температура 65 °С, продолжительность 90 минут и гидромодуль 1:7-1:8. Определен химический состав полученных пищевых волокон (суммарное количество ПВ - 80-85 %, в том числе: целлюлозы - 23-25 %, гемицеллюлоз - 30-32 %, пектина - 10-12 %, лигнинна - 2-4 %, сахара - 2-4 %, золь - 3-4 %).

6. Разработан способ получения пищевой добавки на основе пищевых волокон из свекловичного жома с добавлением измельченной кожуры апельсина и концентрата сладких веществ стевии, обладающей улучшенными потребительскими свойствами, а также способ получения пищевых волокон, характеризующихся повышенной сорбционной способностью за счет активизации содержащихся в них пектиновых веществ под действием кальцийсодержащего реагента, позволяющий увеличить выход ПВ на 4-6 %, ВУС на 0,7-0,8 г/г ПВ и адсорбционную емкость на 2,6-7,7 мг-экв/г ПВ.

7. Выбраны рациональные параметры процесса получения пектина и пищевых волокон из тыквы с использованием ЭХА растворов (pH 4,0, температура 60-70 °С, продолжительность 60 минут, гидромодуль 1:4-1:5) и из столовой свеклы (pH 3,5, температура 60-70 °С, продолжительность 60 минут, гидромодуль 1:4-1:5). При этом выход тыквенного пектина увеличивается в среднем на 10 %, а ВУС ПВ в 2 раза; выход пектина столовой свеклы повышается на 3 %, ВУС ПВ - на 3 г/гПВ, а адсорбционная способность – на 10 %.

8. Проведенный анализ экономической эффективности показал, что экономический эффект от способа подготовки свекловичной стружки и воды к процессу экстрагирования достигается за счет повышения выхода сахара на 0,2 % и составляет 14,1 млн. руб. (за 100 суток работы завода мощностью 6000 т/сут), а от способа получения пектина и пище-

вых волокон из свекловичного жома - 6,9 млн. руб. (за 300 суток работы цеха мощностью 500 тонн пектина в год).

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Ч – чистота раствора, %; Эф.оч. – эффект очистки, %; Цв – цветность раствора, усл.ед.;  $t$  – температура процесса, °С; ВМС – высокомолекулярные соединения; ПВ – пищевые волокна; ЭХА – электрохимическая активация;  $K_c$  – содержание свободных карбоксильных групп, %;  $K_e$  – содержание этерифицированных карбоксильных групп, %;  $K_o$  – общее количество карбоксильных групп, %; Ст.Е – степень этерификации, %; ПГК – содержание полигалактуроновой кислоты, %; ВУС – водоудерживающая способность, г/ПВ; АС – адсорбционная способность, %; П – содержание пектина в порошке, %;  $CH_3O$  – содержание метоксильных групп, %; ВП – выход пектина, %.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

#### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Лосева, В.А. Новые виды продукции из сахарной свёклы [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко, Л.Н. Путилина // Сахар. – 2009. – № 3. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

2. Лосева, В.А. Пищевые волокна сахарной свеклы, обогащенные ценными компонентами [Текст] / В.А. Лосева, Л.Н. Путилина, Н.А. Матвиенко, С.М. Шестова // Хранение и переработка сельхозсырья – 2008. - № 5. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

3. Лосева, В.А. Физико-химические свойства пищевых волокон и пектина, полученных из свекловичного жома на основе электрохимической активации [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко, Л.Н. Путилина // Сахар. – 2008. – № 10. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

4. Путилина, Л.Н. Получение пектина и пищевых волокон из сахарной свёклы [Текст] / Л.Н. Путилина, В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко // Сахарная свекла. – 2008. – № 10. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,04 п.л.).

5. Путилина, Л.Н. Получение свекловичных волокон с улучшенными потребительскими свойствами [Текст] / Л.Н. Путилина, В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко // Сахарная свекла. – 2007. - № 8. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

#### Статьи в материалы конференций:

1. Данылиев, О.М. Получение пектина и пищевых волокон из жома сахарной свеклы [Текст] / О.М. Данылиев, Н.А. Матвиенко // Мате-

риалы студенческой научной конференции / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж. - 2004. – 0,06 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

2. Лосева, В.А. Изучение влияния pH и температуры процесса гидролиза – экстрагирования на физико-химические показатели и выход пектина из свекловичного жома [Текст] / В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко // Материалы XLV отчетной научной конференции за 2006 год. – Воронеж: ВГТА. - 2007. – Ч. I. - 0,38 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

3. Лосева, В.А. Инновационная технология получения пектина из растительного сырья [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Л.Н. Путилина, Н.А. Матвиенко // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства» Выпуск XII. - Йошкар-Ола. - 2010. - 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

4. Лосева, В.А. Интенсивная технология подготовки стружки и питательной воды к процессу экстрагирования сахарозы [Текст] / В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко, А.А. Ефремов, К.В. Голова // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства» Выпуск XII. - Йошкар-Ола. - 2010. - 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

5. Лосева, В.А. Использование электрохимической активации для получения пектина и пищевых волокон из сахарной свёклы [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко // Сб. научных трудов «Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности». – Воронеж: ВГТА. - 2005. – Вып. 15. - 0,31 п.л. (лично автором – 0,10 п.л.).

6. Лосева, В.А. Математическое моделирование процесса получения пектина из свекловичного жома [Текст] / В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко, Л.Н. Путилина, А.А. Ефремов // Сб. трудов XXII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях». - Иваново: ИГХТУ. - Т.11. - 2009. - 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

7. Лосева, В.А. Научное обоснование получения экологически чистого пектина из растительного сырья с применением электрохимической активации [Текст] / В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко, А.А. Ефремов, Л.Н. Путилина // Материалы XLVII отчетной научной конференции за 2008 год. – Воронеж: ВГТА. - 2009. – Ч. I. - 0,31 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

8. Лосева, В.А. Определение числа карбоксильных групп свекловичного пектина, полученного методом электрохимической активации

[Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко, Л.Н. Путилина, С.М. Шестова // Рефераты докладов II Международного форума «Аналитика и аналитики»: в 2 т. – Воронеж: ВГТА. – 2008. – Т.2. – 0,06 п.л. (лично автором – 0,01 п.л.).

9. Лосева, В.А. Оценка качества свекловичного пектина, полученного методом электрохимической активации [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко, Гундрова М.Н. // Тезисы докладов XIX Российской молодежной научной конференции, посвященной 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева «Проблемы теоретической и экспериментальной химии». – Екатеринбург: УГУ им. А.М. Горького. 2009. – 0,13 п.л. (лично автором – 0,03 п.л.).

10. Лосева, В.А. Подготовка питающей воды для экстракции сахарозы [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Д.В. Прасолов, Т.П. Глотова, Н.А. Матвиенко // Материалы докладов II Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности», посвященной 100-летию Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора В.И. Попова. – Воронеж: ВГТА. – 2004. – Ч II. – 0,19 п.л. (лично автором – 0,04 п.л.).

11. Лосева, В.А. Получение пищевых волокон из растительного сырья [Текст] / В.А. Лосева, Л.Н. Путилина, Н.А. Матвиенко // Материалы XLVI отчетной научной конференции за 2007 год. – Воронеж: ВГТА. – 2008. – Ч. I. – 0,38 п.л. (лично автором – 0,13 п.л.).

12. Лосева, В.А. Применение электрохимически активированных растворов в процессе получения диффузионного сока из сахарной свеклы [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, И.В. Квитко, Н.А. Матвиенко // Известия Орловского государственного технического университета (ОрелГТУ). Серия «Легкая и пищевая промышленность». – Орел. – 2003. – № 3-4. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

13. Лосева, В.А. Применение электрохимической активации с целью повышения эффективности экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки [Текст] / В.А. Лосева, А.А. Ефремов, Н.А. Матвиенко // Материалы XLVIII отчетной научной конференции за 2009 год. – Воронеж: ВГТА. – 2010. – Ч. I. – 0,06 п.л. (лично автором – 0,02 п.л.).

14. Лосева, В.А. Проблема производства пищевых волокон и пектина в России [Текст] / В.А. Лосева, Л.Н. Путилина, Н.А. Матвиенко // Материалы докладов международной научно-практической конференции «Разработка новых и совершенствование существующих технологий, оборудования и методов контроля сахарного производства». – Воронеж: ВГТА. – 2005. – 0,56 п.л. (лично автором – 0,19 п.л.).

15. Путилина, Л.Н. Повышение эффективности использования

свекловичного жома [Текст] / Л.Н. Путилина, В.А. Лосева, Н.А. Матвиенко // Воронежский агровестник. – 2007. – № 8. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

#### **Изобретения:**

1. Пат. 2261868 РФ, МПК<sup>7</sup> С 08 В 37/06, А 23 L 1/0524, А 23 L 1/214, А 23 L 1/308. Способ производства пектина и пищевых волокон из сахарной свёклы / Лосева В.А., Ефремов А.А., Путилина Л.Н., Матвиенко Н.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. – № 2004121655; заявл. 14.07.04; опубл. 10.10.05, Бюл. № 28. – 0,31 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

2. Пат. 2288954 РФ, МПК А 23 L 1/214, С 13 С 3/00. Способ получения пищевых волокон из свекловичного жома / Лосева В.А., Путилина Л.Н., Матвиенко Н.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. – № 2005119857; заявл. 27.06.05; опубл. 10.12.06, Бюл. № 34. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,08 п.л.).

3. Пат. 2340678 РФ, МПК А 23 L 1/214, С 13 С 3/00. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома / Лосева В.А., Путилина Л.Н., Матвиенко Н.А., Шестова С.М.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. – № 2007117235; заявл. 08.05.07; опубл. 10.12.08, Бюл. № 34. – 0,25 п.л. (лично автором – 0,06 п.л.).

Подписано в печать 25.10.2010. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 120 экз. Заказ № 351  
ГОУВПО «Воронежская государственная технологическая  
академия» (ГОУВПО ВГТА)  
Отдел оперативной полиграфии ГОУВПО «ВГТА»  
Адрес академии и отдела оперативной полиграфии  
394036, Воронеж, пр. Революции, 19