

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ВИНОКУРОВА Елена Вячеславовна

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ЭЛЕКТРОДУАЛИЗНОЙ
ОЧИСТКИ ПЕКТИНОВОГО ЭКСТРАКТА

Специальность 05.18.05 - Технология сахара и
сахаристых веществ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - д.т.н., академик
АН Украины
Л.Д. Бобровник

Научный консультант - д.т.н., академик
АН Украины
Н.С. Карпович

Киев 1992



Работа выполнена в Киевском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте пищевой промышленности.

Научный руководитель - доктор технических наук,
академик АИН Украины
Л.Д. Бобровник.

Научный консультант - доктор технических наук,
академик АИН Украины
Н.С. Карпович.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор А.А. Липец;
кандидат технических наук
Р.Ц. Мищук.

Ведущая организация - институт технической
теплофизики АН Украины.

Защита состоится " 15 " декабря 1992 г. в 14⁰⁰ часов
на заседании специализированного совета Д 068.17.01 Киевского
ордена Трудового Красного Знамени технологического института
пищевой промышленности по адресу : 252017, г. Киев - 17, ул.
Владимирская, 68, ауд. А-311.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 14 " ноября 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук

Д.М. Хомичак.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Необходимость разработки современной технологии производства пектина на основе использования новых физико-химических методов обусловлена потребностью в этом продукте пищевой, фармацевтической, косметической промышленности, медицины и острым его дефицитом. Актуальность поставленной задачи особенно повысилась в последние годы в связи с неблагоприятной экологической обстановкой, сложившейся в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. Употребление профилактических пектиносодержащих продуктов должно стать нормой для населения, проживающего в районах экологического бедствия. В настоящее время из-за низкого уровня развития техники и технологии, слабой базы для научных исследований, производится 300 - 350 тонн пектина в год (страны СНГ), что не может покрыть и малой части потребности в нем.

Для производства свекловичного пектина в стране имеется необходимая сырьевая база. Кроме того, свекловичный пектин по своим физико-химическим свойствам является наилучшим природным комплексообразователем по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам.

Современная и наиболее широко распространенная технология свекловичного пектина основана на кислотнo-термическом гидролизе сырья. Этот процесс подробно изучался рядом советских и зарубежных ученых. Вопросам переработки полученного пектиносодержащего экстракта было уделено значительно меньше внимания.

Внедрение электротехнологий идет быстрыми темпами в разных отраслях пищевой промышленности. Возможность использования электрических полей в пектиновой технологии обусловлена прежде

всею тем, что продукт переработки растительного сырья - пектиновый экстракт - это дисперсная система с электрически заряженными частицами, которые эффективно взаимодействуют с внешним электрическим полем.

Кроме того, в основу современного производства должны быть положены экологически целесообразные, энергетически выгодные и экономически эффективные методы. Этим требованиям отвечает мембранная технология. Электромембранные методы обеспечивают: высокую производительность и полную автоматизацию процесса, высокое качество продукции, возможность осуществления безотходной технологии, экономию ресурсов и производственных площадей. Необходимо отметить, что исследования, связанные с применением электрохимических методов обработки пектиносодержащих растворов до настоящего времени практически не проводились.

В связи с изложенным, развитие теоретических основ и разработка электродиализного способа обработки пектинового экстракта является перспективным направлением технологии свекловичного пектина, облегчающим решение актуальной народнохозяйственной задачи.

Целью работы является разработка способа электродиализной очистки солянокислого пектинового экстракта свекловичного жома, внедрение которого в пектиновую технологию позволит повысить выход и качество пектина.

В соответствии с целью определены следующие задачи:

- разработать способ электродиализной очистки пектинового экстракта;
- исследовать влияние параметров проведения электродиализа на качество готового продукта;
- провести комплексные исследования по внедрению

электродиализного способа в технологии свекловичного пектина;

- исследовать поведение мембран в пектиносодержащих растворах;

- разработать способ регенерации мембран;

- составить математическую модель электродиализной обработки пектинового экстракта;

- испытать разработанный способ электродиализной очистки экстракта в промышленных условиях.

Научная новизна работы. Теоретически и экспериментально обоснован выбор эффективного электрохимического способа обработки пектинового экстракта. Проведены экспериментальные и аналитические исследования процесса электродиализной деминерализации пектиносодержащих растворов, определены оптимальные технологические параметры процесса. Исследованы свойства электродиализаторов и подготовлены рекомендации по дальнейшей их переработке.

Исследована природа "утомляемости" мембран и рассмотрены варианты их регенерации. Установлена возможность использования концентрата для процесса гидролиза свекловичного сырья.

Разработана принципиальная технологическая схема получения пектинового экстракта с применением электродиализа.

Проведено исследование комплексного влияния основных факторов на процесс электродиализной очистки. Разработана программа расчета коэффициентов регрессионных зависимостей от трех параметров. Установленные взаимосвязи технологических параметров дают возможность определить оптимальное проведение процесса при различных условиях.

Практическая ценность работы. Решения, выводы и предложения диссертационной работы нашли практическое применение и

использованы для:

- усовершенствования технологии свекловичного пектина, основанной на кислотно-термическом гидролизе сырья;
- разработки технологической схемы процесса электродиализной деионизации пектинового экстракта свекловичного жома;
- выбора оптимальных технологических параметров процесса электродиализной обработки;
- разработки способа получения пектиновых веществ из свекловичного жома с использованием электродиализа.

Достоверность работы. Достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением современных методов теоретических и экспериментальных исследований, математических методов обработки экспериментальных данных, современных измерительных приборов и подтверждается совпадением результатов лабораторных и промышленных испытаний.

Реализация результатов работы. Разработанный способ получения пектиновых веществ из сухого свекловичного жома (А.с. № I570052) использован при составлении технологического регламента производства пектина для Гайсинского опытного пектинового завода (Украина).

Смонтирована полупромышленная установка для осуществления электродиализной деионизации пектинового экстракта.

Проведены производственные испытания электродиализного способа обработки солянокислой вытяжки в пектиновом цехе Летичевского завода продовольственных товаров.

Использование результатов научно-исследовательской работы по разработке способа электродиализной очистки пектинового экстракта предусмотрено в проектно-технологической документации пектиновых

производств на Летичевском заводе протокварцов, Бахмачском молочно-консервном заводе, а также пектиновом заводе в Адлгее.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения электродиализа в пектиновую технологию на заводе мощностью 100 т. пектина в год: 1698000 руб. (в ценах на декабрь 1991 г.).

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VII Республиканской конференции "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств" (г. Львов, 1988 г.); Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок" (г. Киев, 1989 г.); конференции молодых ученых и специалистов по пищевой биотехнологии (г. Руза, 1989 г.); VI Всесоюзной научно-технической конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья" (г. Москва, 1989 г.); Всесоюзной конференции "Химия пищевых веществ. Свойства и использование биополимеров в пищевых продуктах" (г. Могилев, 1990 г.); Республиканской научно-технической конференции "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК" (г. Киев, 1991 г.); III научно-техническом семинаре "Электротехнология пектиновых веществ" (г. Киев, 1992 г.).

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ КТИП: "Разработка электротехнологий сахаристых и пектиновых веществ".

Публикации. Основные результаты изложены в 12 печатных работах, в том числе 1 авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы (229 наименований, из них 53 на иностранных языках) и приложений. Работа изложена на 130 страницах машинописного текста, в том числе 98 страниц основного текста, 32 рисунка и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, изложены цель и задачи исследования, основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В первой главе "Современное производство свекловичного пектина. Состояние вопроса о новых физико-химических методах в пектиновой технологии" приводится обзор научных представлений и гипотез о химическом строении свекловичного пектина. Дан краткий анализ существующих способов получения пектинового экстракта из свекловичного жома и путей его переработки. Определено, что наиболее распространенная технология свекловичного пектина основана на гидролизе сырья с помощью соляной кислоты, приведены режимные параметры процесса, дана характеристика солянокислого пектинового экстракта. Экспериментально определено влияние условий переработки пектинового экстракта на качественные показатели пектина. На основании анализа технологических схем получения пектина и экспериментальных данных намечены пути усовершенствования технологии применением новых физико-химических методов. После проведения литературного обзора и ряда лабораторных исследований по применению электролиза, электрокоагуляции, электрофильтрования и электродиализа для обработки кислых пектиновых экстрактов, был сделан вывод о существенных преимуществах последнего метода, выбрано направление исследований. Применение электродиализа позволяет не только

очистить экстракт, но и повысить pH среды, избежав нейтрализации его аммиачным раствором.

Анализ технологии получения пектиновых веществ из растительного сырья показал, что основными причинами, сдерживающими развитие пектинового производства, являются несовершенство ряда технологических процессов (нейтрализация, очистка экстракта) и их аппаратного оформления, отсутствие научно обоснованных разработок по внедрению перспективных физико-химических методов в технологический процесс получения пектина.

С учетом вышеизложенного и с целью усовершенствования схемы производства пектина, основанной на кислотно-термическом гидролизе свекловичного сырья, определены задачи исследования.

Во второй главе "Экспериментальные исследования электродиализа ионитовыми мембранами солянокислых пектиновых экстрактов" приведены результаты лабораторных исследований применения электродиализа в технологии свекловичного пектина.

Технологические свойства экстрактов определяются количественным и качественным соотношением минеральных и органических веществ. При наложении электрического поля диссоциированные на ионы молекулы движутся с разными скоростями в свободном растворе и в ионитовой мембране. Это приводит к тому, что в результате электроионитной очистки продукты не только очищаются от минеральных примесей, но и изменяется их состав и свойства, изменяется pH среды.

Интенсивность удаления минеральных и органических ионов изучалась на лабораторной электродиализной установке. Применялась катионитно-анионитовая схема очистки с противотоком концентрата. Приведены данные по изменению химического состава

солянокислого пектинового экстракта в процессе электродиализа (табл. I). Как видно, удаление минеральной части из экстракта происходит интенсивно и сопровождается ростом удельного электросопротивления растворов.

Опыты по деионизации свидетельствуют о том, что в первую очередь удаляются катионы K^+ и Na^+ и анионы Cl^- как самые подвижные. Катионы щелочноземельных элементов несколько отстают от щелочных металлов в силу своей меньшей подвижности (рис. 1).

Переход органических веществ при электродиализной очистке происходит в меньшей степени, чем минеральных. Из органических веществ наиболее интенсивно мигрируют анионы низкомолекулярных

Таблица 1

Изменение химического состава экстракта
в процессе электродиализа

Продолжительность обработки током, мин	Плотность тока, A/m^2	Удельная электропроводность, См/м	pH	СВ, %	Титруемая кислотность, % к массе в пересчете на HCl	Содержание Cl^- , % к массе	Показатель чистоты экстракта, %
0	0	16,5	0,8	5,4	1,4	1,38	12,6
20	10	10,8	0,9	5,0	1,19	1,16	16,5
40	25	8,3	0,95	4,4	0,97	0,85	17,3
60	65	4,9	1,1	3,8	0,66	0,41	18,75
80	50	2,2	1,6	3,4	0,26	0,15	19,3
100	35	0,8	2,4	3,0	0,24	0,06	20,6

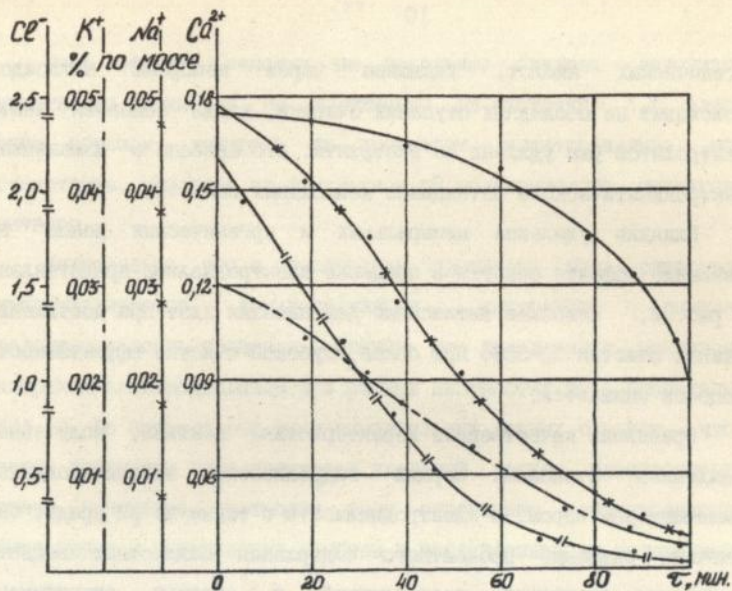


Рис.1. Изменение минерального состава экстракта в процессе электродиализа

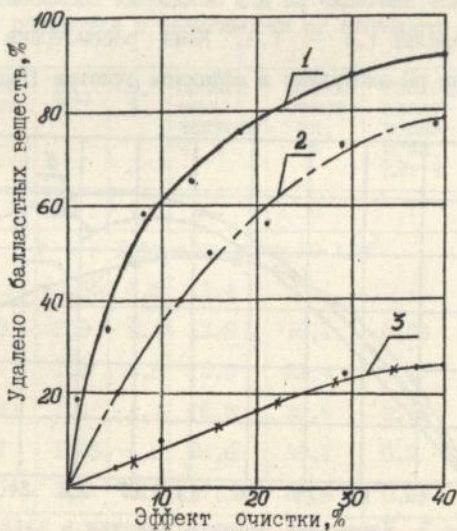


Рис.2. Удаление балластных веществ в ходе электродиализной обработки:
1-титруемых кислот; 2-золы; 3-органического балласта

органических кислот. Удаление через мембраны коллоидов происходит на последних ступенях очистки, когда основная часть электролитов уже удалена из экстракта. Это связано с изменением электрокинетического потенциала коллоидных веществ.

Влияние удаления минеральных и органических ионов на изменение эффекта очистки в процессе электродиализа представлено на рис. 2. Наиболее интенсивно деионизация идет при достижении эффекта очистки 20-30%. При более глубокой очистке эффективность процесса снижается.

Сравнивая качественные характеристики пектина, полученного осаждением этанолом порций гидролизата, нейтрализованного аммиачным раствором, и электродиализата с таким же pH среды, было замечено снижение процентного содержания балластных веществ, увеличение урсидной составляющей и степени атерификации последнего.

Оптимальное значение pH для осаждения свекловичного пектина находится в пределах 1,4 - 1,8. Нами рассмотрена взаимосвязь между изменением pH экстракта и эффектом очистки (рис. 3).

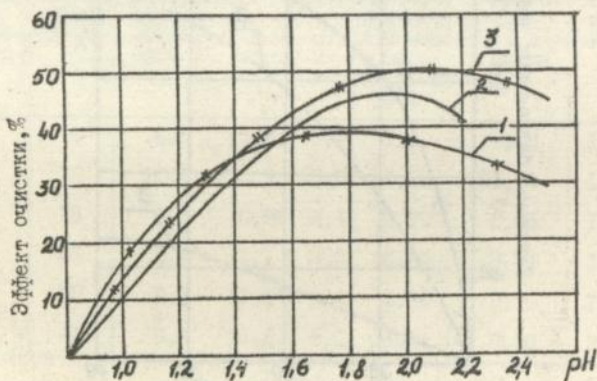


Рис. 3. Изменение эффекта очистки в зависимости от pH экстракта при разной плотности тока: 1- 30 А/м²; 2- 50 А/м²; 3- 70 А/м²

Рост эффекта очистки на начальных стадиях деионизации существенно снижается по достижении рН экстракта 1,8 единиц. Таким образом, контроль за процессом электродиализа можно осуществить, наблюдая за изменением рН солянокислого пектинового раствора.

Установлено, что с увеличением плотности тока существенно интенсифицируется деминерализация экстракта, снижается продолжительность процесса. Данные по деионизации пектинового экстракта электродиализом при разных плотностях тока приведены в табл. 2. Из приведенных экспериментальных данных следует, что с ростом плотности тока снижается удельный расход электроэнергии. Однако, повышение плотности тока ограничено концентрационными изменениями у поверхности мембран и наступлением их поляризации.

Таблица 2

Изменение состава экстракта в ходе электродиализной обработки в зависимости от плотности тока

Время обработки, мин	Напряжение, В	рН, 20°	СВ, %	Показатель чистоты Ч, %	Эффект очистки, %	Расход электроэнергии, кВт·ч	Удалено балласта, кг	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Плотность тока 30 А/м ²							
0	-	0,85	5,8	12,4	-	-	-	-	
20	30	0,9	5,4	13,6	10,1	0,03	0,002	15,0	
60	35	1,1	4,8	15,6	23,4	0,07	0,01	7,0	
90	46	1,4	4,4	16,8	29,9	0,13	0,014	9,29	
120	55	1,85	4,0	18,6	38,1	0,2	0,021	9,52	
160	70	2,4	3,6	17,35	32,6	0,24	0,023	10,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность тока 50 А/м ²								
0	-	0,85	5,4	15,7	-	-	-	-
20	45	0,97	5,0	17,1	9,7	0,06	0,008	7,5
60	55	1,37	4,2	21,2	30,8	0,13	0,013	10,0
90	90	2,1	3,6	24,9	43,8	0,23	0,022	10,5
110	120	2,3	3,2	22,7	36,6	0,32	0,023	13,9
Плотность тока 70 А/м ²								
0	-	0,8	5,6	15,2	-	-	-	-
20	65	1,0	5,0	17,3	14,3	0,05	0,008	6,3
60	80	1,7	4,4	23,5	41,2	0,15	0,016	9,4
90	120	2,4	4,0	25,8	48,5	0,47	0,021	22,3
110	150	2,55	3,6	22,4	37,9	0,63	0,024	26,2
Плотность тока 80 А/м ²								
0	-	0,8	5,6	13,8	-	-	-	-
20	50	1,1	4,6	20,4	37,5	0,06	0,01	6,0
60	78	1,9	4,0	26,3	55,1	0,25	0,021	11,9
90	130	2,6	3,6	24,8	51,3	0,52	0,023	22,6
Плотность тока 100 А/м ²								
0	-	0,8	5,4	13,8	-	-	-	-
20	68	1,2	4,6	20,7	38,7	0,09	0,016	5,6
40	80	1,6	4,2	26,5	55,9	0,28	0,024	11,7
60	150	2,2	3,4	25,8	53,9	0,54	0,025	21,6

Рассмотрена возможность использования концентрата электродиализной очистки в технологическом процессе получения

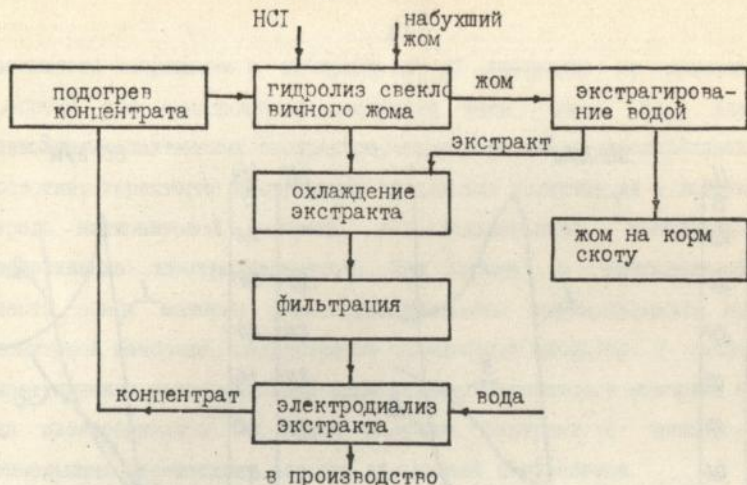


Рис.4 Принципиальная схема применения электродиализной деионизации в производстве свекловичного пектина.

пектина. При электродиализной деионизации солянокислого пектинового экстракта образуется концентрат с рН среды 1,3-1,7, с содержанием 0,6-0,7% кислоты по массе и может быть использован для гидролиза свекловичного жома. Применение концентрата для гидролиза позволяет сократить расход соляной кислоты примерно на 20%.

В процессе электродиализа пектиносодержащих растворов происходит изменение реакции среды. Характер изменения рН раствора, подвергаемого электродиализу, объясняется очередностью наступления предельной поляризации на катионитовой или анионитовой мембране.

Исследования поляризационных характеристик мембран при электродиализе кислых пектиновых экстрактов свекловичного жома проводили на лабораторной электродиализной установке в заданном режиме работы.

На основании проведенных экспериментов построены графики

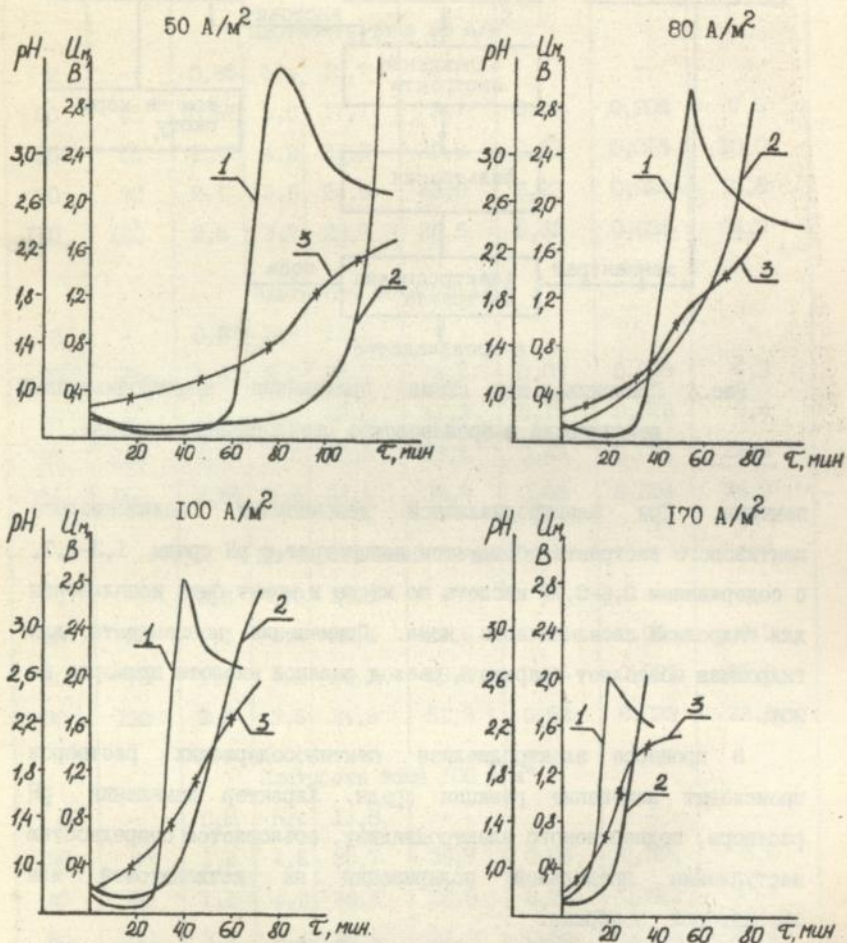


Рис.5. Изменение напряжения в мембране и pH экстракта в ходе электродиализа при разной плотности тока

зависимости напряжения в мембране и рН экстракта от времени обработки при определенной плотности тока (рис. 5). Для солянокислых пектиновых экстрактов, подвергаемых электродиализной обработке, характерно наступление предельной поляризации в первую очередь катионитовой мембраны, а следовательно, неизбежное защелачивание электродиализаторов. При работе в запредельной области обеих мембран резко увеличивается перенапряжение на анионитовой мембране, снижаются ее селективные свойства. В связи с наступлением первоначальной поляризации катионитовой мембраны в ходе электродиализа мы можем получить экстракт с наиболее оптимальными параметрами для его дальнейшей переработки.

Исследование влияния электромембранной обработки на структуру пектиновых веществ проводили с помощью инфракрасной и атомно-адсорбционной спектроскопии. Спектры содержат важную информацию о составе и структуре этих соединений. Принципиальных различий в спектрах, связанных с возможной деструкцией молекул, не наблюдается. При ведении процесса электродиализа в условиях поляризации мембран в спектрах спиртоосажденного пектина появляются полосы "амидов", что свидетельствует о соосаждении белка. Таким образом, изменения в химической структуре пектиновых веществ практически не зависят от величины плотности тока при электродиализе, а связаны с поляризационными явлениями в системе.

Исследования по взаимодействию пектиновых молекул с металлами в электродиализатах осуществляли с помощью атомно-адсорбционной спектроскопии. Данные экспериментов приведены в табл. 3. По полученным результатам можно судить о снижении количества металлов в образцах на первых этапах электродиализной очистки. Однако при повышении рН среды и удалении кислоты из экстракта создаются условия для образования пектиновых

Таблица 3

Содержание металлов в образцах пектина
по данным атомно-адсорбционной спектроскопии

Проба экстракта	Микроэлементы, мкг/г				Макроэлементы, мг/г				Тяжелые металлы, мкг/г			
	Fe	Cu	Zn	Mn	K	Ca	Cl	P	Hg	Pb	Cd	As
Исходный экстракт рН 0,8	53,0	4,0	19,2	0,52	0,60	14,22	10,4	0,29	0,04	0,3	0,08	0,12
Экстракт, нейтрали- зованный раствором аммиака рН 1,8	64,7	4,3	22,0	0,55	0,73	15,1	8,3	0,3	0,05	0,34	0,09	0,15
Электро- диализат рН 1,4	35,6	3,7	14,9	0,37	0,39	9,8	3,2	0,28	0,03	0,18	0,04	0,04
Электро- диализат рН 1,7	44,2	3,9	21,8	0,46	0,26	7,4	2,8	0,28	0,04	0,22	0,06	0,05
Электро- диализат рН 2,4	68,7	3,9	59,7	0,53	0,28	10,2	0,6	0,3	0,06	0,94	1,12	0,1
Осаждение электро- диализата подкис- ленным спиртом	29,6	3,4	11,1	0,28	0,22	2,8	0,18	0,26	0,02	0,18	0,04	0,05

комплексов с поливалентными металлами. Чтобы устранить
нежелательные явления, связанные с загрязнением пектина

металлами, необходимо избежать резкого изменения pH экстракта в процессе электродиализа, повышение pH среды выше ² единиц не целесообразно. Не следует проводить электромембранную обработку при предельном токе анионитовой мембраны.

На основании теоретических и экспериментальных исследований разработан способ электрохимической регенерации мембран. Степень регенерации зависит от температуры, плотности тока и длительности процесса. На практике необходим контроль за степенью насыщения мембран пектиновыми веществами и их периодическая электрохимическая регенерация.

Предложены варианты оптимального регулирования плотности тока в ходе электродиализа пектинового экстракта.

В третьей главе "Исследование химико-технологических свойств электродиализатов" приводятся данные по изучению химико-технологических свойств электродиализатов: буферности и термостойчивости.

Таблица 4

Изменение буферной емкости при электродиализе

№ п/п	Продукт (разбавление в 10 раз)	pH	$\beta \cdot 10^3$, г-экв/л раствора при 20°C
1.	Раствор чистого пектина	4,0	0,063
2.	Исходный экстракт	0,8	1,05
3.	Электродиализат № 1	1,1	0,36
4.	Электродиализат № 2	1,3	0,25
5.	Электродиализат № 3	1,8	0,08
6.	Электродиализат № 4	2,4	0,063
7.	Экстракт, нейтрализованный NH_4OH	1,8	0,083

При электромембранной обработке пектиновых растворов изменяется характер буферного действия и его сила. По мере повышения эффекта очистки (Табл. 4) величина буферной емкости снижается.

За счет удаления избытка кислоты наибольшей термостабильностью обладает электродиализат с pH 1,4. При дальнейшей электродиализной обработке термоустойчивость понижается в соответствии со снижением зольности экстракта.

В четвертой главе "Аналитические исследования процесса электродиализной деионизации пектиновых экстрактов" показано, что оптимальный ход электродиализа (в смысле экономической эффективности) достигается при работе в режиме предельной плотности тока катионитовой мембраны. Эта величина является выходной величиной для системы автоматического регулирования процесса. Анализ динамики изменения предельной плотности тока в ходе электродиализа позволяет выбрать оптимальную для данных условий технологическую схему ведения процесса.

Таким образом, целесообразно построить поверхность отклика для предельной плотности тока, в зависимости от начальных и текущего параметра, описывающего процесс.

Получена эмпирическая формула для предельной плотности тока:

$$J = 7.17 + 2.56 \cdot V + 25.2I \cdot C - 132.1 \cdot \text{pH} + 0.04 \cdot V \cdot C - \\ - 2.55 \cdot V \cdot \text{pH} + 0.94 \cdot C \cdot \text{pH} + 0.11 \cdot V^2 - 1.79 \cdot C^2 + \\ + 44.84 \cdot \text{pH}_3^2$$

где: J - предельная плотность тока, mA/cm^2 ;
 V - скорость потока жидкости, $\text{cm}/\text{с}$;
 C - начальная концентрация раствора, %;
 pH - текущее pH раствора

С помощью этого уравнения можно определять предельную плотность тока в любой текущий момент электродиализа, тем самым контролируя оптимальное протекание процесса. Все коэффициенты уравнения значимы. Дисперсия уравнения 0.022 .

В пятой главе "Производственные испытания полученного пектинового экстракта свекловичного жома с применением электродиализа" приведены результаты производственной проверки способа электродиализной обработки пектинового экстракта, полученного с использованием соляной кислоты для гидролиза. Изменение физико-химических показателей экстракта в ходе электродиализа и сравнительная характеристика пектина, полученного по типовому способу и с применением электродиализа, представлены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Изменение физико-химических показателей экстракта
в процессе электродиализа

Отбор пробы	t, мин	pH, ед.	СВ, %	κ, См/м	Хлориды, в % NaCl	CaO, %	П, %	Ч, %	Эффект очистки
Исходный экстракт	0	1,0	5,8	8,4	1,4	0,22	0,96	16,5	-
Электродиализат № 1	30	1,4	5,0	2,2	0,82	0,17	0,96	19,2	16,8
Электродиализат № 2	70	1,75	4,7	0,6	0,61	0,155	0,98	20,9	25,2
Электродиализат № 3	90	1,95	4,6	0,4	0,33	0,134	1,01	21,8	29,1

Таблица 6

Количественная и качественная характеристика
по титрометрическому методу

Образец	Вл, %	Зо- ла, %	Уронидная составля- ющая, %	Бал- ласт, %	K _с , %	K _э , %	Прочность стандартно- го студня, мм.рт.ст.
С приме- нием элект- родиализа	I2	0,9	73	8,5	10,3	7,6	395
С нейтрали- зацией ам- миачным раствором	I4	3,2	70	11	9,7	7,5	360

Результаты полупромышленных испытаний показали целесообразность применения способа электродиализной деионизации пектинового экстракта. В процессе производственных испытаний были проверены и подтверждены данные лабораторных исследований. Применение способа электромембранной обработки пектинового экстракта позволяет повысить выход, качество готового продукта и экономическую эффективность производства. Проведенные испытания способа позволили рекомендовать его для дальнейшего внедрения в пектиновое производство.

Планируется внедрение результатов разработки электродиализа экстракта на предприятиях Ассоциации "Пектин" (Летичев, Бахмач, Адыгя).

Ожидаемый годовой экономический эффект рассчитывался в ценах на декабрь 1991 г. Он составит 1 698 000 руб. при внедрении электродиализа в производство на заводе мощностью 100 т. пектина в год. Капиталовложения окупаются в течение года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. С целью усовершенствования технологии свекловичного пектина, основанной на кислотном гидролизе сырья, проведена экспериментальная оценка электрохимических способов обработки экстракта и сделан вывод о целесообразности применения электродиализа ионитовыми мембранами. Внедрение электродиализа на стадии переработки пектинового экстракта позволит повысить выход пектина на 0,5% и его чистоту на 8-10%.

2. Разработан способ электродиализной очистки пектинового экстракта, предполагающий его деминерализацию и повышение pH среды. Показано, что эффективность процесса резко снижается при достижении эффекта очистки 30%. На основании экспериментов проведение электродиализной очистки ограничено значением pH экстракта 1,9.

3. Экспериментально определены параметры проведения электродиализного процесса с учетом исследований поляризации мембран в пектиносодержащих растворах. Показано, что оптимальным является проведение электродиализа при плотности тока, близкой к предельной для катионитовой мембраны. Для гидролизата с pH 0,8 и СВ = 5,6% начинать процесс электродиализа целесообразно при плотности тока 100 А/м².

4. Разработаны варианты оптимального регулирования плотности тока в ходе электродиализа пектинового экстракта для их промышленной реализации.

5. С помощью методов инфракрасной и атомно-адсорбционной спектроскопии изучены структурные изменения в молекулах пектиновых веществ, особенности взаимодействия их с металлами.

Установлено оптимальное значение pH экстракта 1,7...1,8, при котором существенных изменений в структуре молекул не происходит.

6. Разработан способ электрохимической регенерации мембран 0,6 Н раствором NaCl с целью продления срока их службы. На производстве необходим контроль за степенью "отравления" мембран и периодическая их регенерация.

7. Исследованы технологические свойства электродиализатов: буферность и термоустойчивость. На основании полученных результатов подготовлены рекомендации по включению электродиализа в технологический процесс получения пектина и дальнейшей переработки электродиализатов.

8. Установлено, что контроль за ходом электродиализной обработки экстракта можно осуществлять с помощью показателя pH среды. На основании экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватно описывающее динамику изменения предельной плотности тока катионитовой мембраны в ходе процесса. Уравнение позволяет определить оптимальный ход электромембранной обработки, анализировать возможные варианты включения электродиализа в технологический цикл.

9. Проведены полупромышленные испытания способа электродиализной обработки пектинового экстракта и доказана целесообразность внедрения данного способа в производство свекловичного пектина.

10. Ожидаемый экономический эффект от внедрения электродиализа на заводе мощностью 100 т пектина в год составит 1 698 000 руб.

Основные результаты диссертации изложены в следующих публикациях:

1. А.с. 1570052 СССР, кл. А 23 I/04. Способ производства пектина из свекловичного жома / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Е.В. Яровая, Е.В. Винокурова и др. - 1990. - (ДСП)
2. Расчет кристаллизаторов непрерывного действия для гидратной глюкозы / В.В. Петрушевский, Б.В. Кузьменко, В.Н. Геращенко, Н.П. Ивчук, Е.В. Петрушевская // Сахарная промышленность. - 1984. - № 2. - с. 54-56.
3. Карпович Н.С., Гагг О.С., Винокурова Е.В., Донченко Л.В. О совершенствовании процесса гидролиза - экстрагирования протопектина свекловичного сырья / Тез. докл. VII Республ. конф. "Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств". - Львов: 1988. - с. 10.
4. Стабильность пектинового гидролизата / О.С. Гагг, Е.Н. Окс, Е.В. Винокурова, Н.С. Карпович // Пищевая промышленность. - 1988. - № II. - с. 50-51.
5. Винокурова Е.В. Исследование влияния условий переработки пектинового экстракта на качественные показатели пектина / Тез. докл. Всес. конф. мол. ученых и спец. "Совершенствование технол. процессов произ. новых видов пищ. продуктов и добавок". - Киев: 1989. - с. 12.
6. Винокурова Е.В. Изменение физико-химических свойств пектина в процессе длительного хранения пектинового гидролизата / Тез. докл. конф. мол. ученых и спец. по пищевой биотехнологии. - М.: 1989. - с. 40 (ДСП).
7. Винокурова Е.В., Бобровник Л.Д., Гулмй И.С., Украинец А.И. Исследование осаждения пектина с помощью электрического поля / Тез. докл. VI Всес. н.-т. конф. "Электрофизические

- методы обработки пищ. продуктов и сельхоз. сырья". - М.: 1989. - с. 195.
8. Винокурова Е.В., Бобровник Л.Д., Гулый И.С., Украинец А.И., Карпович Н.С. Изменение физико-химических свойств пектина в процессе деминерализации пектинового экстракта / Тез. докл. Всес. конф. "Химия пищевых веществ. Свойства и использование биополимеров в пищ. прод." - Могилев: 1990. - с. 168.
 9. Винокурова Е.В., Бобровник Л.Д., Гулый И.С., Карпович Н.С., Украинец А.И. Исследование электрохимических способов обработки пектиновых гидролизатов / Тез. докл. Респуб. н.-т. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, обор. и новых видов пищ. прод. в пищ. и перерабатывающую отрасли АПК." - Киев: 1991. - с. 80.
 10. Винокурова Е.В., Бобровник Л.Д., Карпович Н.С. Изменение реакции среды пектиновых экстрактов в процессе электродиализа / Тез. докл. III н.-т. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев: 1992 г. - с. 15.
 11. Карпович Н.С., Гулый И.С., Бобровник Л.Д., Винокурова Е.В. Исследование нормализации pH пектиновых растворов / Тез. докл. Республ. н.-т. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК." - Киев: 1991. - с. 81.
 12. Петрушевский В.В., Бондарь Е.Г., Винокурова Е.В. Производство сахаристых веществ. - Киев: Урожай. - 1989. - 166 с.

Е.В. Винокурова

Подписано в печать 12.II.92г формат 60x84/16
Бумага писчая. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 1721
Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв" г.Киев,Саксаганского,1

AB 26.150