

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
Киевский ордена Трудового Красного Знамени
технологический институт пищевой промышленности

На правах рукописи

КРАПИВНИЦКАЯ Ирина Алексеевна

УДК 664.292.061.34

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНОВОГО
ЭКСТРАКТА И ПЕКТИНОПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Специальность 05.18.05 - Технология сахара и
сахаристых веществ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1992



Работа выполнена в Киевском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте пищевой промышленности и в ассоциации "Пектин".

Ученые руководители: доктор технических наук, профессор, академик АИН Украины И.С. Гулый
кандидат технических наук В.В. Нелина

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор А.А. Липец
кандидат химических наук, старший научный сотрудник П.И. Демченко

Ведущая организация: Ассоциация "Киевсахар"

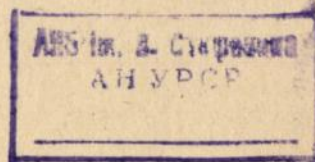
Защита диссертации состоится "18" ноября 1992 г. в 10 часов в аудитории А-311 на заседании специализированного совета Д-068.17.01 Киевского ордена Трудового Красного Знамени технологического института пищевой промышленности по адресу: 252017, г. Киев, ул. Владимирская, 68.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "17" октября 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
канд. техн. наук, доцент

Л.М. Хомичук



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Пектиновые вещества – природные полисахариды. Они способны связывать и выводить из организма стабильные и радиоактивные металлы. Наибольшей комплексообразующей способностью обладают низкоэтерифицированные пектины, к которым относится свекловичный пектин.

С учетом химических свойств пектиновых веществ и опыта их применения следовало бы ожидать, что население экологически неблагоприятных районов, и в первую очередь население, проживающее на территориях с радиоактивным загрязнением, будет обеспечено пектиносодержащими продуктами. Однако этого не произошло. В настоящее время решаются вопросы только организации цехов и участков по выработке пектинопродуктов. Повсеместное их производство в требуемых объемах сдерживается из-за: отсутствия необходимого количества и качества сырья, отвечающего требованиям пектинового производства /Украина располагает практически неограниченными и ежегодно возобновляемыми сырьевыми ресурсами: яблочными, виноградными выжимками, свекловичным жомом, корне-, клубнеплодами, корзинками подсолнечника и др./; недостаточных производственных мощностей /для удовлетворения потребности населения Украины в пектинопродуктах в объемах согласно научно обоснованной нормы необходимо построить 150...200 заводов мощностью 200...250 тонн пектина в год каждый; в настоящее время в республике производство пектина составляет 50...100 тонн/; необоснованных предельно допустимых концентраций чужеродных металлов в пектине /сдерживают организацию новых производств по выпуску продукта в сухом виде/; отсутствия мощностей по производству жидких пектинопродуктов /по классической технологии пектинового производства из-за применения минеральных кислот и других химических реагентов жидкие пектинопродукты не выпускаются/.

Впервые производство пектинового экстракта пищевого достоинства освоено в 1990 г. на Солдатском консервном заводе Кабардино-Балкарии, где в технологии использован гидролизующий агент в виде питьевой воды, подвергшейся электромембранной обработке – экстрагент КТИИИ. Жидкий пектиновый концентрат из яблочных выжимок выработан также в 1992 г. на Бендерском пектиновом заводе с применением ортофосфорной кислоты.

Производство пектиновых экстрактов как целевой продукции из других видов пектиносодержащего сырья не освоено в связи с отсутствием соответствующих исследований.

Достижения науки о пектиновых веществах /труды В.В.Арасимовича, Г.Б.Аймухамедовой, В.В.Андреева, З.Д.Ашубаевой, И.С.Гулого, Л.В.Донченко, Н.С.Карповича, В.В.Нединой, Е.В.Сапожниковой, Х.Т.Саломова, В.И.Смоляра, А.Ф.Фан-Юнга, М.П.Филиппова, Н.П.Шелухиной и др./ и имеющийся производственный опыт позволяют наметить пути совершенствования технологии пектина и пектинопродуктов.

Цель работы состоит в аналитическом и экспериментальном исследовании физико-химических и технологических свойств пектиносодержащей свекловичной ткани, процесса гидролиза протопектина в условиях кипения под вакуумом, качества и свойств свекловичного пектинового экстракта и на основе полученных результатов создание технологии пектинопродуктов из свекловичного жома.

В соответствии с целью определены следующие задачи:

- изучить физико-химические свойства свекловичного пектина и ткани свекловичного жома;
- исследовать извлечение из свекловичной ткани растворимых балластных по отношению к пектину веществ;
- исследовать процесс гидролиза протопектина в условиях кипения под вакуумом;
- исследовать качество и свойства свекловичного экстракта;
- разработать технологию пектиносодержащего сахара на основе экстракта и пектиносодержащего порошка из свекловичного жома.

Научная новизна работы. На основе результатов аналитических, экспериментальных исследований и производственной проверки предложены способы совершенствования технологических процессов пектинового производства, установлены технологические показатели процессов и получены новые пектиносодержащие продукты. В их числе новыми являются:

- способ изменения реакции среды свекловичной ткани, позволяющий регулировать ее величину в процессе гидролиза и направленный на повышение качества целевого продукта, экономию расхода гидролизующего агента;
- способ гидролиза протопектина растительной ткани в условиях кипения под вакуумом, позволяющий уменьшить расход гидро-

лизующего агента до значения влагосодержания набухшего/или свежего/пектиносодержащего сырья без снижения степени гидролиза и качественных показателей целевого продукта;

- способ подготовки сушеного пектиносодержащего сырья, позволяющий экстрагировать из него пектиновые вещества без проведения процесса гидролиза, используя в качестве экстрагента питьевую воду;

- пектиносодержащие жидкий и сухой экстракты, пектиносодержащие жидкий сахар и свекловичный порошок.

Защищаются следующие основные положения:

1. Свекловичный жом, прошедший дополнительную очистку от растворимых балластных по отношению к пектину веществ, является высококачественным пектиносодержащим сырьем для производства пектина и пектиносодержащих продуктов.

2. Кислотный гидролиз протопектина растительной ткани в условиях кипения под вакуумом позволяет достичь заданных технологических параметров процесса /рН среды, соотношения масс, температуры/.

3. Гидролиз протопектина является внутренним процессом, поэтому минимальный расход гидролизующего агента для кислотного гидролиза равен количеству жидкой фазы в набухшем или свежем пектиносодержащем сырье.

Практическая ценность работы. Выводы и рекомендации диссертационной работы нашли практическое применение и использованы для:

- разработки технологической схемы подготовки свекловичного жома для пектинового производства;

- разработки технологической схемы получения пектинопродуктов из свекловичного жома;

- интенсификации процесса гидролиза протопектина растительной ткани в промышленных гидролизаторах.

Достоверность работы. Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций обеспечена применением современных методов эксперимента, подтверждается соответствием результатов лабораторных и промышленных испытаний, критериями безопасности новых пектиносодержащих продуктов и базируется на их практической ценности и применимости.

Личный вклад автора состоит в общей постановке задач исследования, проведении аналитической и экспериментальной работы, их анализа и обобщения. Принимала участие в выполнении медико-биологических исследований, в практической реализации результатов. Выводы и рекомендации диссертационной работы получены автором лично.

Реализация результатов работы. На основе результатов исследований разработаны и внедрены:

- технологическая схема производства свекловичного пектинового экстракта и пектинопродуктов на его основе /Яреськовский сахарный завод, Украина; Меркенский сахарный комбинат, Казахстан/;
- способ гидролиза протопектина в условиях кипения под вакуумом /Луцкий и Хорольский консервные заводы, Украина/;
- разработаны технические условия "Экстракт пектиновый свекловичный", "Сахар пектиносодержащий свекловичный", "Порошок пектиносодержащий".

Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологии пектиносодержащего сахара составляет 235,2 тыс.руб. /расчет произведен в 1991 году/.

Апробация работ. Основные положения диссертационной работы докладывались на: 57-й, 58-й научных конференциях КТИП /Киев, 1991-92 гг./; I-м, II-м, III-м научно-технических семинарах "Электротехнология пектиновых веществ" /Киев, 1990-92 гг./; республиканской конференции "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК" /Киев, 24-26 сентября 1991 г./.

Тематика исследований входила в планы важнейших научно-исследовательских работ КТИП, являющихся составной частью программы О.Ц.ОЗО. "Развитие производства биологически полноценных продуктов на основе комплексного использования сырья и снижения его потерь"; Государственной союзно-республиканской программы неотложных мер по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Задание I.4.7.2. Создание и освоение производства пектиносодержащих добавок.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе I авторское свидетельство, 4 положительных решений на выдачу патента.

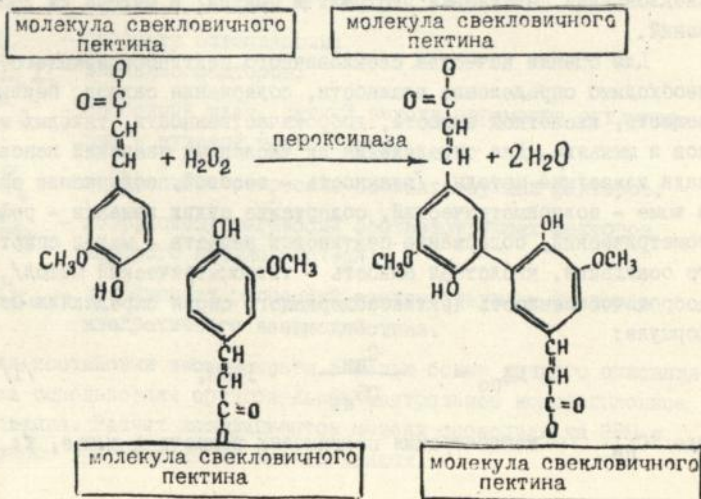
Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций, списка библиографических ссылок и приложений. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 27 рисунков, 18 таблиц, включает 153 библиографические ссылки отечественных и иностранных источников.

Санитарно-гигиеническая оценка и медико-биологические исследования проведены в НИИ гигиены питания РНЦ и институте геронтологии МЗ Украины с участием автора.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава "Протопектин растений и использование продуктов его переработки" посвящена анализу физико-химических свойств пектиновых веществ - полисахаридов растительной ткани. Обзор литературных источников охватывает различные аспекты исследований по теме диссертации. Отмечаются отличительные физико-химические свойства свекловичного пектина.

Наличие в боковых цепочках нейтральных сахаров молекулы пектина эфирносвязанных остатков феруловой кислоты дает возможность при пероксидазном окислении провести реакцию поперечной сшивки:



Это позволяет широко использовать свекловичный пектин не только как комплексобразователь, но и как гелеобразователь.

Физико-химические свойства пектина и особенности традиционной его технологии определили основной вид продукции пектинового производства - сухой пектин. Необходимость в широкой пектинопрофилактике обуславливает изыскание новых более доступных /технологических и экономических/ путей решения производства пектинопродуктов. В связи с этим предложены новые пектинопродукты на основе жидкого пектинового экстракта, к которому сформулированы требования. Свекловичный пектиновый экстракт:

- не должен содержать веществ токсического, канцерогенного, мутагенного или иного неблагоприятного действия на организм человека при употреблении его в общепринятых количествах;

- по численным значениям критериев безопасности должен соответствовать показателям аналогичных ему продуктов;

- должен содержать такое количество пектиновых веществ и такого качества, которые позволяли бы использовать его для производства продуктов профилактической направленности по отношению к повышенному поступлению в организм солей тяжелых металлов и радионуклидов.

Во второй главе "Объекты и методы исследований" рассмотрены объекты исследований /сырой и сушеный свекловичный ком, свекловичный пектиновый экстракт и пектин/ и методы их исследований.

Для оценки качества свекловичного пектиносодержащего сырья необходимо определение влажности, содержания сахара, пектиновых веществ, кислотной емкости, доброкачественности, тяжелых металлов и мышьяка. Для определения их численных значений использовали известные методы /влажность - весовой, содержание сахара в коме - поляриметрический, содержание сухих веществ - рефрактометрический, содержание пектиновых веществ - метод спиртового осаждения, кислотная емкость - титрометрический метод/. Доброкачественность пектиносодержащего сырья определяли по формуле:

$$Дб_{пс} = \frac{C_{пв}}{СВ_{пв}} \cdot 100\%, \quad /I/$$

где $C_{пв}$ - концентрация пектиновых веществ в сырье, %;

$СВ_{пв}$ - концентрация растворимых сухих веществ в сырье, %.

Студнеобразующую способность свекловичного пектинового экстракта измеряли прибором Сосновского. Для гигиенической оценки пектинового экстракта определяли в нем чужеродные вещества - соли тяжелых металлов и мышьяка /свинец, кадмий, медь, цинк - полярографическим методом, ртуть, мышьяк - колориметрическим методом, хлорорганические пестициды - методом тонкослойной хроматографии/.

Комплексообразующие свойства экстракта изучали *in vivo* по отношению к солям тяжелых металлов на примере азотнокислого свинца. Количество поглощенного свинца определяли трилометрически.

Бактериальную обсемененность продуктов исследовали общепринятыми микробиологическими методами.

Аналитические характеристики пектина - метоксильные, карбоксильные, ацетильные группы определяли кондуктометрическим методом, ферулозфирные - спектрофотометрическим методом, молекулярную массу вискозиметрическим методом.

В основу методики математического планирования эксперимента взято уравнение регрессии:

$$y = B_0 + \sum_i^k B_i x_i + \sum_{i,j}^k B_{ij} x_i x_j + \sum_i^k B_{ii} x_i^2, \quad /2/$$

где y - параметр оптимизации;

x_i, x_j - значение факторов;

B_0 - свободный член, равный выходу параметра оптимизации в нулевой точке плана;

B_i - коэффициент регрессии соответствующих факторов;

B_{ij} - коэффициент регрессий соответствующих факторов двойного взаимодействия;

B_{ii} - коэффициент регрессий соответствующих факторов квадратичного взаимодействия.

Для постановки эксперимента с целью более точного описания процесса использовали ортогональное центральное композиционное планирование. Расчет коэффициентов модели проводили на ЭВМ с последующим графическим их исследованием.

В третьей главе "Технологические особенности подготовки свекловичного жома для пектинового производства" изложены результаты аналитических исследований химического состава свекловичной ткани, качества пектиносодержащего сырья и экстрагирования кальциймагниевого солей, а также экспериментальных исследований по извлечению растворимых балластных по отношению к пектину веществ, кислотной емкости сушеной свекловичной ткани, регулированию pH среды в пектиносодержащем сырье.

Установлено, что свекловичный жом /после диффузионного аппарата свеклосахарного производства/ как пектиносодержащее сырье характеризуется низкой доброкачественностью /чистотой/ $D_c = 50 \dots 60\%$. Повышение этого показателя является необходимым технологическим приемом в пектиновом производстве.

Удаление из ткани свекловичного жома растворимых веществ возможно путем использования массообменного процесса - экстрагирования или механического воздействия. Градиент концентрации для экстрагирования растворимых веществ из жома ничтожно мал, поэтому более эффективным процессом для этой цели является отжатие ткани. Основываясь на способности свекловичной ткани частично восстанавливать свой тургор в жидкой фазе после снятия механического воздействия, разработан способ получения пектиносодержащего сырья с более высоким показателем доброкачественности за счет дополнительного извлечения балластных веществ путем применения процессов поочередного прессования и набухания свекловичного жома. Показано, что за счет применения предложенного способа доброкачественность пектиносодержащего сырья можно довести до 90-93% /теоретически/. Установлено, что качественные показатели пектиновых веществ, полученных из сырья с частично удаленными балластными растворимыми веществами, повышаются /табл. I/.

Выявлено, что сушеная свекловичная ткань обладает способностью реагировать с кислотами, т.е. свекловичный жом можно характеризовать показателем кислотной емкости /это максимальное количество кислоты, которое вступает во взаимодействие с тканью и измеряется в г-экв кислоты на г сухого вещества/. Кислотная емкость в растворах разных кислот различная: для соляной, серной и лимонной кислот она составляет соответственно 0,22; 0,38; 0,11 г-экв/г. Этот показатель необходимо учитывать при

Таблица I

Характеристика пектиновых веществ, полученных из предварительно подготовленного пектинодержащего сырья

Сырье	Содержание сахара в жоме, %	Уронидная составляющая, %	Свободные карбоксильные группы, %	Метоксильная составляющая, %	Зольность, %	Цветность экстракта
Свекловичный жом неподготовленный	0,57	65,2	3,9	6,8	0,6	мутный с темным оттенком
Свекловичный жом подготовленный	0,29	80,6	6,6	10,2	0,2	светло-серый

нормировании расхода гидролизующего агента, а также при нормализации pH реакции среды в процессе подготовки сырья для пектинового производства.

Для снятия кислотной емкости предложен способ обработки свекловичного жома в кислой среде. В качестве технологической среды применена электроактивированная водная система /ЭАВС/, ТУ 18019595-02-91. При этом происходит нормализация свекловичного жома по реакции среды его жидкой фазы. Качество свекловичного пектина из жома, обработанного в среде ЭАВС характеризуется более высокими показателями /табл. 2/.

Из приведенных данных следует, что при увеличенном выходе пектина имеет место повышенное содержание уронидной составляющей, свободных карбоксильных групп. Можно предположить, что это связано с удалением кальциймагневых солей из свекловичной ткани в процессе обработки в ЭАВС, обусловленной большей их растворимостью в кислой среде.

Известно, что некоторое количество пектиновых веществ в протопектиновом комплексе представлено в виде их кальциймагневых солей. В виду обратимости реакции гидролиза этих соединений, уменьшение количества катионов в растительной ткани будет характеризовать уровень технологического процесса подготовки пектинодержущего сырья. На основе этого и с учетом полученных результатов разработана технологическая схема подготовки свекловичного

Таблица 2

Результаты исследований качества свекловичного пектина из жома, обработанного в среде ЗАВС

№ п/п	рН ЗАВС	Выход пектина, % к массе	Аналитические характеристики пектина					
			Урсидная кислотная группа, %	Содержание свободных карбоксильных групп, %	Степень этерификации, %	Метоксилиновая группа, %	Ацетильные группы, %	Молекулярная масса
1	1,4	11,4	65,66	2,7	82,86	13,05	2,1	22607
2	2,0	9,06	55,00	3,45	74,43	12,7	1,06	22601
3	3,0	7,44	47,5	3,71	66,97	7,85	нет	20527
4	4,0	6,8	43,84	3,24	64,92	6,13	нет	20321
5	контроль жом - после диффузии/ рН = 6,4	6,14	37,05	3,03	64,00	5,9	нет	20233

жом для пектинового производства /рис.1/. Она включает стадии извлечения балластных по отношению к пектину растворимых веществ и нормализацию рН среды пектиносодержащего сырья. Схема реализована в проектной документации на производство пектинового экстракта из свекловичного жома на Ярьесковском сахарном заводе и основные ее технологические процессы внедрены в экспериментальном цехе по производству пектинового экстракта на Меркенском сахарном комбинате.

Глава четвертая "Разработка способа подготовки пектиносодержащего сырья для бескислотного извлечения пектиновых веществ" посвящена проведению аналитических и экспериментальных исследований изменения физико-химических свойств ткани свекловичного жома при кислотной и термической ее обработке. Выявлено, что определяющим фактором изменения физико-химических свойств является реакция среды в ткани.

Основываясь на свойстве гидролизующих агентов /соляной кислоты, ЗАВС/ концентрировать ионы водорода до определенной концентрации при упаривании, проведен аналитический расчет измене-

G - масса жома, кг; q - масса отжатой воды, кг;
 t - температура, °С;
 τ - продолжительность процесса, мин;
 w - влажность, %

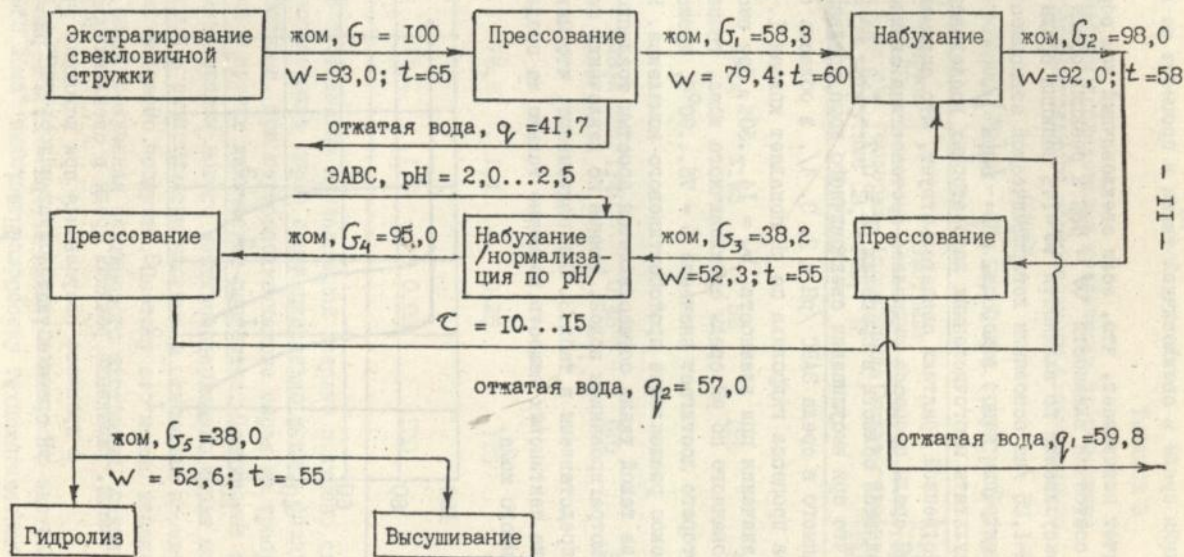


Рис. I. Схема подготовки свекловичного жома для пектинового производства

ния реакции среды в свекловичной ткани в процессе ее высушивания.

Расчет показывает, что, если свекловичный жом обработать ЭАВС до состояния влажности $W = 88\%$ и реакции среды $pH=2,12$, то при высушивании до влажности $W=14\%$ реакция среды ткани составит $pH=1,25$ /на основании логарифмической зависимости изменения концентрации ионов водорода, $pH = -\lg[H^+]$ /.

Результаты многочисленных лабораторных исследований и опыт производственной практики свидетельствует, что оптимальным значением pH среды процесса гидролиза протопектина свекловичной ткани являются области в пределах $pH = 0,7...1,8$. На рис.2 показано, что при высушивании свекловичного жома, предварительно обработанного в среде ЭАВС / $pH = 2, 3, 4/$, в область оптимального параметра процесса гидролиза по pH попадает кривая I. Она проходит эти значения при влажности $W = 14...50\%$. При высушивании нормализованного по pH среды свекловичного жома, температура ткани которого достигает значений $t = 75...90^\circ C$, происходит гидролитическое расщепление протопектинового комплекса. Извлечение пектина из такой ткани осуществляется простым традиционным способом- экстрагированием водой. Данные по извлечению пектиновых веществ представлены в табл.3. Они показывают, что максимальное извлечение пектиновых веществ возможно только из предварительно обработанного жома.

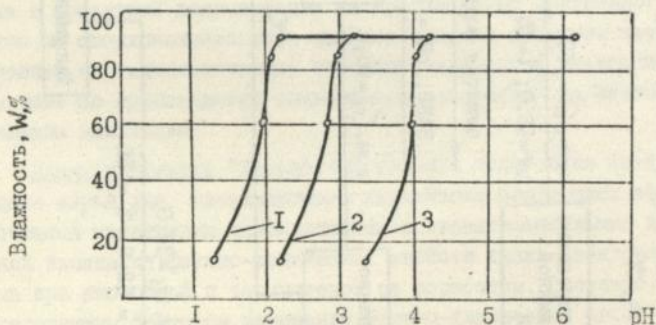


Рис.2. Изменение реакции среды в свекловичной ткани в процессе высушивания при исходных значениях pH среды в ткани: I - $pH = 2$; 2 - $pH = 3$; 3 - $pH = 4$

Таблица 3

Результаты исследования извлечения протопектина
из предварительного обработанного свежковичного
сырья

Экстрагирование водой: $q = 12$; $t = 84 \dots 85^\circ\text{C}$, $\tau = 75$ мин

Сырье	Содержание ПВ, % на сухую массу	Экстракт			Степень гидролиза протопектина, %
		содержание СВ, %	содержание ПВ, %	количество	
Сушеный жом, предваритель-но обработанный ЭАВ, рН=2,0	18,4	1,45	0,50	130	88,0
Сушеный жом, предваритель-но обработанный ЭАВС, рН=2,2	18,2	1,40	0,45	120	80,3
Сушеный жом, предваритель-но обработанный ЭАВС, рН=2,5	18,3	1,1	0,25	135	44,4
Исходный су-шенный жом	18,1	1,0	0,03	170	5,3

На основе проведенных исследований впервые получено свежковичное пектиносодержащее сырье с принципиально новыми физико-химическими свойствами. При переработке такого сырья не требуется кислот, щелочей и других химических реагентов. Пектиновые производства с использованием нового пектиносодержащего сырья могут быть безотходными и экологически чистыми в отношении производства и собственно целевого продукта. Поэтому его можно использовать повсеместно в целях получения пектинового экстракта, пектина и пектинопродуктов.

Глава пятая "Разработка технологии пектинового экстракта из свежковичного жома" включает разработку технологического режи-

ма получения экстракта, а также исследования его качества и свойств.

По действующей технологии на I т сушеного свеколовичного жма расходуется 250-300 кг соляной кислоты, последующее извлечение ее из технологических сред представляет определенные технические, технологические и организационные трудности. Для разработки способа гидролиза протопектина с уменьшенным количеством кислоты проведен анализ этого процесса с использованием концентрирования реагента в условиях кипения под вакуумом /рис.3/. Свеколичная ткань помещена в экстрагент, например, раствор соляной кислоты с $pH=2,0$; $t = 20 \dots 40^{\circ}C$ и объемом $V = n$. Концентрация ионов водорода в этой системе составит $[H^+]_a = 0,01$ г.экв/л. Если сосуд подключить к вакууму и испарять жидкую фазу, то концентрация ионов водорода составит 0,02 г.экв/л при $V = n/2$ и 0,06 г.экв/л при $V = n/6$. Этим значениям концентрации соответствует среда с $pH=1,7$ и $pH=1,22$, т.е. достигаются условия для осуществления реакции гидролитического расщепления протопектина.

Рассматривая кислотный гидролиз и экстрагирование как отдельные процессы, отметим, что процесс гидролиза /Г/ является функцией:

$$Г = f(pH, t, \tau), \quad /3/$$

а процесс экстрагирования /Э/ является функцией:

$$Э = f(t, \tau, c, q). \quad /4/$$

где t - температура, τ - продолжительность процесса, c - концентрация пектиновых веществ, q - гидромодуль. Следовательно, разделение процесса извлечения пектиновых веществ на две стадии является целесообразным.

Рассмотренный способ гидролиза протопектина свеколичной ткани путем концентрирования гидролизующего агента позволяет уменьшить расход кислоты и получить пектиновый экстракт, не требующий его нормализации по pH.

Результаты лабораторных исследований процесса гидролиза протопектина свеколичной ткани при кипении под вакуумом с использованием ЭАВС показали, что аналитические характеристики пектиновых веществ практически не отличаются от характеристики

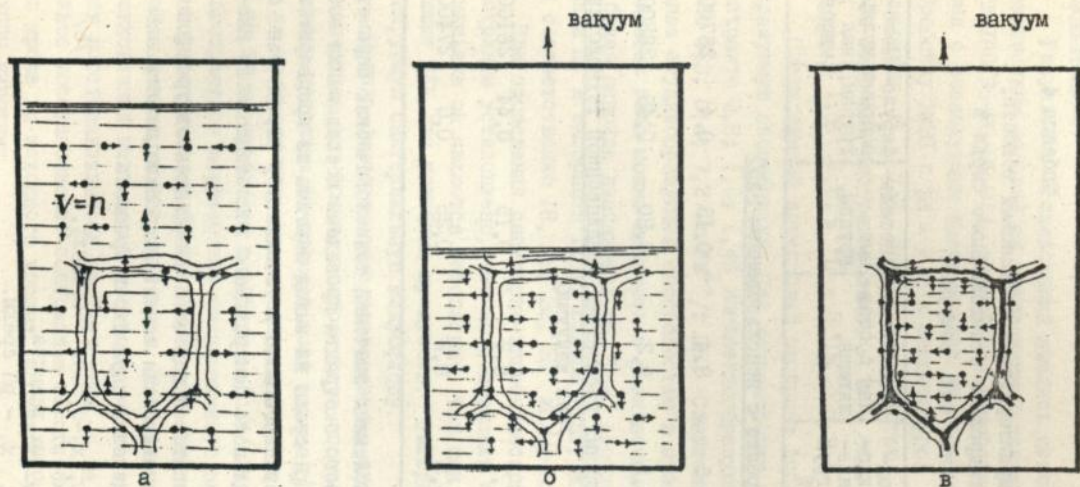


Рис. 3. Механизм концентрирования гидролизующего агента под вакуумом и связанное с ним поведение пектиносодержащей свекловичной ткани:

- а/ $V = n$; $pH = 2,0$; $t = 20...40^{\circ}C$; в ткани и растворе установилось равновесное состояние, при котором практически не происходит процесс гидролиза;
- б/ $V = n/2$; $pH = 1,7$; $t = 70...80^{\circ}C$; в ткани создана реакция среды, при которой произошел частично гидролиз протопектина;
- в/ $V = n/6$; $pH = 1,2$; $t = 70...80^{\circ}C$; в ткани произошел гидролиз, начался процесс экстрагирования.

пектина, полученного при режимных параметрах традиционной технологии /табл.4/.

Таблица 4

Аналитические характеристики пектиновых веществ, полученных при гидролизе свежковичного сырья в условиях кипения под вакуумом

Сырье	Уронидная составляющая, %	Свободные карбоксильные группы, %	Метоксильная составляющая, %	Ацетильные группы, %	Ферулоэфирные группы, %	Молекулярная масса
<u>Гидролиз с использованием ЭАВС</u>						
Сушеный жом	73,5	8,5	8,4	0,15	0,4	25700
Сырой жом	76,8	8,9	9,2	0,30	0,45	28300
<u>Гидролиз при режимных параметрах традиционной технологии /без вакуума/</u>						
Сушеный жом	70,2	7,7	8,2	0,15	0,44	26100
Сырой жом	72,4	8,3	8,8	0,25	0,5	27400

Для определения численных значений технологических параметров технологии пектинового экстракта проведены исследования воздействия температуры и pH среды на выход пектина из предварительно обработанного свежковичного жома в течение 60, 70, 80 мин с использованием ортогонального центрального композиционного планирования.

После реализации опытов и подсчета коэффициентов уравнения регрессии получена математическая модель гидролиза пектиновых веществ зависимости изменения параметров процесса:

$$y = 12,63 + 0,43x_1 - 0,7x_2 - 0,568x_1^2 - 0,568x_2^2, \quad /5/$$

где y - выход пектиновых веществ,
 x_1 - температура, x_2 - pH среды.

Варьируя факторами технологического процесса можно извлекать пектиновые вещества с заданными выходом и качественными показателями.

Результаты исследований явились основой для разработки технических условий на свековичный пектиновый экстракт /ТУ-180195-95-05-91/, технология которого включает: промывку жома с последующим прессованием до влажности $W = 70...80\%$; обработку ЭАВС с $pH = 2,0$ и температурой $t = 40...50^{\circ}C$, гидромодулем $q = 1:2$, продолжительностью $\tau = 20...30$ мин; процесс гидролиз-экстрагирование / $t = 80...95^{\circ}C$; $q = 2...6$; $pH_{ЭАВС} = 1,8...2,0$; $\tau = 3,0...3,5$ г /.

Свековичный пектиновый экстракт исследовался на комплексобразующую способность. При концентрации пектиновых веществ в экстракте 0,8; 1,0; 1,4% комплексобразующая способность составила 5,3; 6,4; 7,2 мг Pv^{2+} /г ПВ. Свековичный экстракт обладает также студнеобразующей способностью в присутствии ионов Ca^{++} . При этом гели можно получать с уменьшенным содержанием сахара в более широких диапазонах pH. Так, прочность студня при содержании ПВ в экстракте 1,6%, сахара - 30, 35, 40, 45,50% составила соответственно 18, 23, 32, 35 кПа/рис.4/.

При проведении санитарно-гигиенической оценки пектинового экстракта установлено, что по содержанию солей тяжелых металлов и мышьяка он является безопасным, так как их количество не превышает ПДК для подобных продуктов. Экстракт не содержит контаминирующую бактериальную микрофлору.

Медико-биологические исследования экстракта *in vivo* подтвердили его комплексобразующую способность по отношению к тяжелым металлам на примере соли свинца. При дозе 3,0 мл экстракта на кг массы тела крысы выведение свинца с фекалиями составило 67,2% по сравнению с 54% /контроль/. Кроме того, установлено благоприятное воздействие свековичного пектинового экстракта на морфологический состав периферической крови белых крыс в условиях ионизирующего излучения. У облученных крыс, получавших свековичный пектиновый экстракт, число эритроцитов крови начинает восстанавливаться на 7-е сутки, а на 14-й день происходит полное восстановление содержания гемоглобина и числа эритроцитов крови до исходного уровня, против 21-х суток для контрольной группы животных.

АНБ им. В. Сталина
АН УРСР

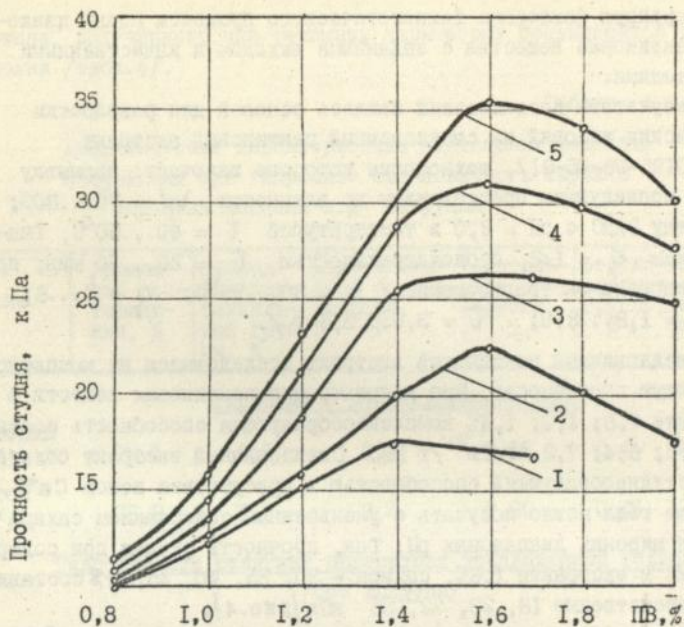


Рис. 4. Зависимость прочности студня при разном соотношении содержания ПВ экстракта и сахара /%/:
I - 30; 2 - 35; 3 - 40; 4 - 45; 5-50

В главе шестой "Внедрение технологии пектиносодержащих продуктов" описаны: технологическая схема и аппаратное оформление получения свеколичного пектинового экстракта, включающая схему подготовки сырья, аппаратное оформление и технологические приемы процесса гидролиза, фильтрование, концентрирование и высушивание пектинового экстракта; получение жидкого пектинового экстракта и свеколичного пектиносодержащего порошка /ТУ 180 19595-01-91, ТУ 18019595-06-91/; технологическая схема получения жидкого, сухого пектинового экстракта и пектиносодержащего сахара на Меркенском сахарном комбинате /Казахстан/ /рис.5/.

АН РК
Институт
сахарной промышленности

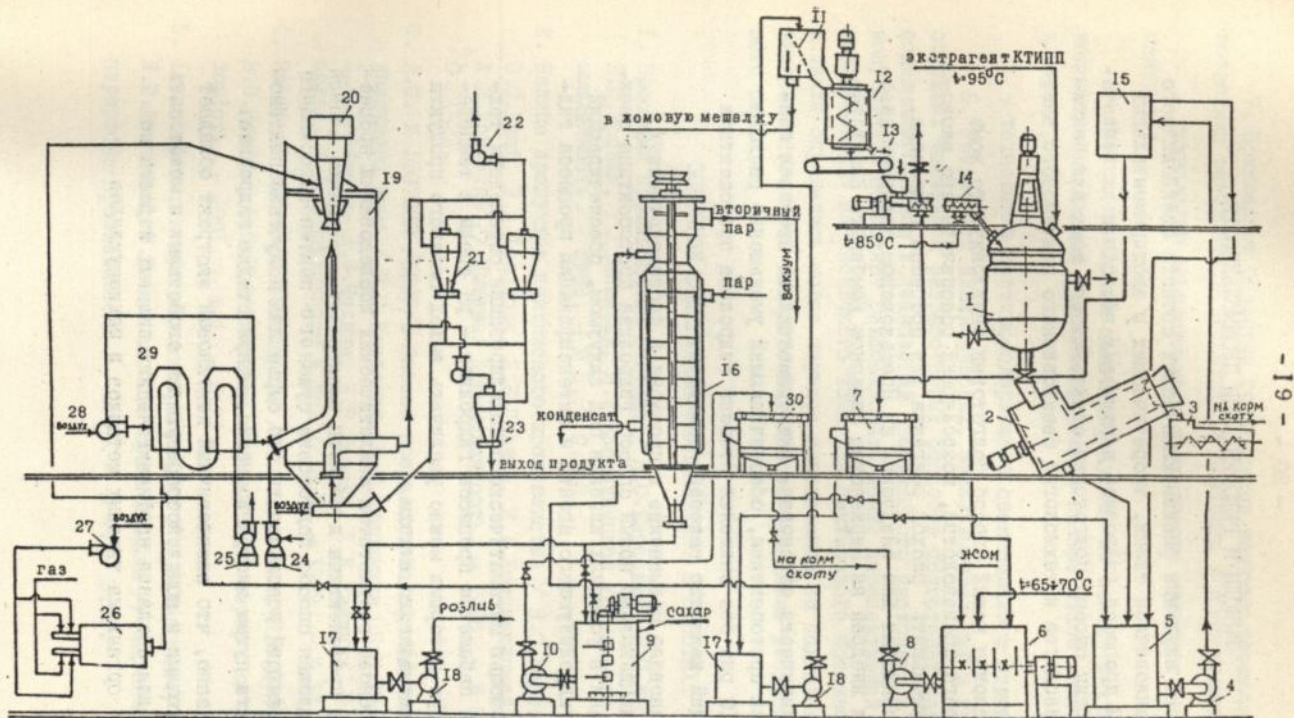


Рис. 5. Технологическая схема получения жидкого, сухого пектинового экстракта и пектино-содержащего сахара: I - гидролизатор, 2 - стекатель, 3 - шнек, 4, 8, 10, 18 - насосы, 5, 15, 17 - сборники, 6 - мешалка для жома, 7 - фильтр, 9 - мешалка, II - разделительное сито, 12 - пресс, 13 - транспортер, 14 - шнек, 16 - роторно-пленочный выпарной аппарат, 19 - сушильная камера, 20 - распылитель, 21, 23 - циклоны, 22, 24, 25, 27, 28 - агрегаты вентиляторов, 26 - топка, 29 - воздухоподогреватель

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На основе изучения физико-химических свойств свекловичного пектина, свекловичной ткани, теоретических и экспериментальных исследований процесса гидролиза пектиновых веществ и их извлечения разработаны способ подготовки свекловичного жома для пектинового производства и технологии свекловичного пектинового экстракта.

1. Предложен новый способ подготовки свекловичного жома для пектинового производства, позволяющий обеспечить его экологичность и уменьшить расход реагента для процесса гидролиза. Способ рекомендован для внедрения на Ярьсковском сахарном заводе Украины и внедрен на Меркенском сахарном комбинате Казахстана.

2. Аналитически обоснован, экспериментально проверен способ гидролиза протопектина, обеспечивающий уменьшение расхода кислоты до 10 раз без снижения степени гидролиза протопектина и не снижающий качество целевого продукта.

3. Обосновано применение и проверен в производственных условиях принципиально новый способ гидролиза протопектина свекловичной ткани в условиях кипения под вакуумом, обеспечивающий уменьшение гидролизующего агента и интенсификацию процесса гидролиза.

4. С помощью математического моделирования определены технологические параметры процесса гидролиза - pH среды и температуры, варьируя которыми можно увеличить выход целевого продукта до 30% от минимального выхода.

5. На основе результатов аналитических исследований процесса гидролиза протопектина и свойств электроактивированной водной системы предложен способ подготовки сушеного пектинового сырья, позволяющий использовать это сырье для получения пектинового экстракта путем экстрагирования, минуя стадию гидролиза.

6. Показано, что свекловичный пектиновый экстракт обладает студнеобразующими и комплексообразующими свойствами и может быть использован для создания профилактических пищевых изделий по выведению из организма тяжелых металлов и радионуклидов.

7. Прикладное развитие результатов научных исследований позволило разработать, испытать и внедрить в производство:

- технологию свекловичного пектинового экстракта и концентрата;
- технологию новых пектинопродуктов на основе пектинового концентрата: жидкий пектиносодержащий сахар, сухой пектиновый экстракт;
- технологию пектиносодержащего свекловичного порошка.

8. Результаты аналитических, экспериментальных и производственных испытаний разработанных способов подготовки пектинового сырья и технологий пектинового экстракта и пектинопродуктов позволяют рекомендовать новый перспективный путь использования свекловичного жома для пектинового производства, а также определить новое научное направление по подготовке свекловичного жома как дополнительного источника ресурсов пищевого сырья.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:

1. Проблемы производства пектика / Н.С.Карпович, Е.Н.Киореску, Е.В.Яровая, Г.С.Мельник, И.А.Крапивницкая // Пищевая промышленность. - 1988. - № 5. - С.2-3.
2. Баланс продуктов пектинового производства / Н.С.Карпович, О.С.Гааг, В.А.Холодова, Л.В.Плакса, И.А.Крапивницкая, Л.В.Донченко // Пищевая промышленность. - 1988. - № 5. - С.21-22.
3. А.С. № 1507293 /СССР/. Способ производства пектина из свекловичного жома / Н.С.Карпович, В.К.Супрунчук, Е.Н.Киореску, Л.В.Донченко, В.В.Нелина, Е.В.Яровая, Л.К.Теличук, О.П.Слободян, И.А.Крапивницкая и др. // Б.И. - 1989. - № 34.
4. На рівні світових стандартів / М.С.Карпович, Л.В.Донченко, В.В.Неліна, І.О.Крапивницька // Харчова і переробна промисловість. - 1991. - № 4. - С.21.
5. Інтенсифікація процесу екстрагування / М.С.Карпович, Л.В.Донченко, В.В.Неліна, І.О.Крапивницька // Харчова і переробна промисловість. - 1991. - № 4. - С.21.

6. Способ получения пектиносодержащего продукта / И.С.Гулий, Н.С.Карпович, В.В.Нелина, И.А.Крапивницкая и др. // Положительное решение ВНИИПЭ о выдаче патента на заявку № 5015656/13 68118 от 26.08.1991 г. /Не подлежит опубликованию в открытой печати/.
7. Способ получения жидкого пектиносодержащего пищевого продукта / В.В.Нелина, Т.И.Костенко, С.Р.Рубинов, И.А.Крапивницкая и др. // Положительное решение ВНИИПЭ о выдаче патента на заявку № 5015658/1360800 от 08.07.1991 г. /Не подлежит опубликованию в открытой печати/.
8. Способ получения пектиносодержащего сахара / И.С.Гулий, В.В.Нелина, И.А.Крапивницкая и др. // Положительное решение ВНИИПЭ о выдаче патента на заявку № 5015657/13 68119 от 26.08.1991 г. /Не подлежит опубликованию в открытой печати/.
9. Способ получения низкометоксилированного пектина / И.С.Гулий, Н.С.Карпович, Л.В.Донченко, В.В.Нелина, Л.Д.Бобровник, М.П.Купчик, А.Б.Матвиенко, А.И.Украинец, Н.У.Фидук, Е.Х.Кизлер, И.А.Крапивницкая // Положительное решение ВНИИПЭ о выдаче патента на заявку № 4897272/05 I24231 от 28.12.1990 г. /Не подлежит опубликованию в открытой печати/.
10. Свойства пектиновых веществ / Л.В.Донченко, Н.С.Карпович, Т.И.Костенко, И.А.Крапивницкая, В.В.Нелина. - К.: Общество "Знание" Украины. - 1992. - 34 с.
11. Підготовка сировини і якість пектину / Хомичак Л., Засць Ю., Ярова Є., Крапивницька І. // Харчова і переробна промисловість. - 1991. - № 5. - С.22.
12. Особенности подготовки пектиносодержащего сырья / Хомичак Л.М., Заяц Ю.А., Яровая Е.В., Тоткайло М.А., Крапивницкая И.А. // Тез. докл. респ.конф. "Разработка и внедрение высокоэф. ресурсосбер. технологий и новых видов пищевых продуктов в пид. и перераб. отрасли АПК". - К.: КТИП. - 1991. - С.70.
13. Разработка технологии комплексного использования пектиносодержащего сырья // Н.С.Карпович, Л.В.Донченко, В.В.Нелина, М.А.Тоткайло, И.А.Крапивницкая и др. // Тез.докл.см. п.12., С.74.

14. Крапивницкая И.А., Буряк Н.И., Мельник Г.С. Структурные особенности пектина сахарной свеклы // Тез. докл. III науч.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - К.: КТИП. - 1992. - С.7.
15. Крапивницкая И.А., Яцок Н.М., Мельник Г.С. Способ предварительной очистки корне-, клубнеплодов от радиоактивного загрязнения // Тез. докл. см.14., С.36.
16. Михальчишин Д.С., Крапивницкая И.А. О результатах испытаний технологии переработки вторичного яблочного сырья на Летишевском заводе продтоваров // Тез. докл. см. п.14., С.44.
17. Особенности технологической схемы получения пектинопродуктов на Ярьесковском сахарном заводе / Мотченко А.П., Крапивницкая И.А., Донченко Л.В., Карпович Н.С. // Тез. докл. см. п.14., С.45.
18. Медико-биологические исследования пектинового экстракта из свеклы / Смоляр В.И., Цанко Е.В., Карпиловская Е.Д., Салий Н.С., Лаврушенко Л.Ф., Гулич М.П., Крапивницкая И.А. // Тез. докл. см. п.14., С.46.
19. Влияние экстракта яблочного пектина на морфологический состав периферической крови белых крыс в условиях ионизирующего излучения / Западнюк В.И., Заика М.У., Оранская С.А., Безверхая И.С., Крапивницкая И.А. // Тез. докл. см. п.14., С.48-49.
20. Фізико-хімічні особливості процесу гідролізу протопектину / Донченко Л.В., Карпович М.С., Неліна В.В., Крапивницька І.О. // Вісник аграрної науки /в печати/.



Подписано в печать 12.10.92г Формат 60x84/16
Бумага писчая. Усл.печ.л.1,0. Тираж 100 экз.Заказ № 1566
Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв" Киев, Саксаганского, 1

467995

AB 25.889