

На правах рукописи

НЕЛИНА Валентина Владимировна

**РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЙ ПЕКТИНА
И ПЕКТИНОПРОДУКТОВ**

Специальность: 05.18.05 — Технология сахара и сахаристых веществ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Работа выполнена в
ственной Ассоциации
аграрном университете

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00553121 (H)

Научные консультанты:

Карпович Н. С.;

доктор технических наук, профессор,
академик АИН Украины
Донченко Л. В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Липец А. А.;
доктор технических наук,
профессор Штангеев В. О.;
доктор технических наук,
профессор Снежкин Ю. Ф.

Ведущая организация: Институт пищевой химии и техно-
логии Госпищепрома Украины и
национальной Академии наук
Украины

Защита состоится «25» сентября 1996 г. в 14 часов
на заседании специализированного Ученого Совета Д 01.15.05
Украинского государственного университета пищевых техно-
логий по адресу: 252033, Киев-33, ул. Владимирская, 68,
корпус А, ауд. 311.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Украинского государственного университета пищевых техно-
логий.

Автореферат диссертации разослан «23» августа 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного
Ученого Совета, к. т. н.

А. М. КУЦ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Обеспечение населения продуктами питания, отвечающими требованиям к полноценной и "здоровой" пище, является актуальной задачей пищевой промышленности. В связи с изменением экологических условий происходит загрязнение воды, воздуха, почвы, растений, а, следовательно, и пищи рядом органических и неорганических веществ, отличающихся токсичностью. Это обуславливает необходимость обогащения продуктов питания высокоэффективными безвредными пищевыми добавками природного происхождения, в частности, пищевыми волокнами. Увеличение содержания пищевых волокон в продуктах питания повышает сопротивляемость человеческого организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Одним из важнейших компонентов пищевых волокон являются полисахариды, в частности, пектиновые вещества, функциональные свойства которых (катионообменные, комплексообразующие, студнеобразующие) обуславливают возможность их широкого использования в качестве детоксикантов, стабилизаторов, загустителей, студнеобразователей при производстве продуктов питания массового спроса, диетического и лечебно-профилактического назначения.

Отечественное производство пектина развивалось благодаря исследованиям ведущих ученых: И.М.Литвака, М.И.Барабанова, Л.Б.Сосновского, Г.Б.Аймухамедовой, Н.П.Шелухиной, Н.С.Карповича, Л.В.Донченко, А.А.Кочетковой и многих других.

Анализ уровня технологии и техники пектинового производства и результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых показывает, что для широкого освоения экологически безопасного производства пектина и пектинопродуктов необходимо дальнейшее совершенствование основных технологических процессов получения пектина.

В связи с этим разработка и совершенствование технологий пектина и пектинопродуктов из различного растительного сырья с

ИМЕЮЩАЯ
ОБЩЕСТВЕННУЮ
ПОДДЕРЖКУ

применением экологически чистых технологических сред и расширение ассортимента пектиносодержащих пищевых изделий массового спроса и лечебно-профилактического питания является актуальной задачей.

Научная и практическая значимость проблемы развития производства пектина с высокими показателями качества подтверждается включением ее в виде отдельных проектов в государственные научно-технические программы: "Разработка электротехнологии экстрагирования сахара и пектина из растительного сырья" (Приказ Минвуза Украины №78 от 21 марта 1991 г.); О. Ц. ОЗО "Развитие производства биологически полноценных продуктов на основе комплексного использования сырья и снижения его потерь" (ЦС 1428. Совершенствование технологии производства пектина, других пектиносодержащих пищевых продуктов) (1987-1992); ГНТПР "Высокоэффективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК", проект "Пектин" (1990-1995).

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлась разработка теоретических основ и практических аспектов производства пектина из свекловичного жома, яблочных и цитрусовых выжимок, способов интенсификации технологических процессов, разработка на их основе новых и совершенствование существующих технологий пектина из растительного сырья.

Поставленная цель исследования достигнута в работе решением следующих задач:

- системным изучением физико-механических, теплофизических, физико-химических свойств пектиносодержащего растительного сырья, пектина и пектинопродуктов;
- научным обоснованием и разработкой усовершенствованных процессов подготовки пектиносодержащего сырья к извлечению пектиновых веществ;
- исследованием зависимости степени извлечения пектиновых веществ и их качественных показателей от параметров процессов извлечения и диффузионных свойств сырья;

- исследованием кинетики процессов очистки пектинового экстракта и пектина;
- математическим моделированием процессов набухания сушеного сырья, извлечения пектиновых веществ;
- разработкой новых и совершенствованием существующих технологий пектина и пектинопродуктов из растительного сырья, осуществлением их производственной проверки и внедрения;
- разработкой новых видов пектинопродуктов и пектиносодержащих пищевых изделий, нормативно-технической документации на них.

Научная новизна. Теоретически описан и экспериментально обоснован механизм гидролиза протопектина из различного растительного сырья с учетом его теплофизических и физико-химических свойств.

Реализован комплексный подход при разработке процессов подготовки сырья к гидролизу с учетом его структуры, химического состава, водоудерживающей способности и кислотоемкости, позволивший прогнозировать физико-химические свойства пектиновых веществ.

Проведено комплексное исследование влияния технологических особенностей пектиносодержащего сырья, режимных факторов процесса набухания сырья, гидролиза и экстрагирования пектиновых веществ, очистки пектинового экстракта и сушки на качественные показатели и выход целевого продукта, на основе которого реализована новая концепция производства экологически чистых пектинопродуктов для пищевой промышленности, основанная на использовании экологически безопасных гидролизующих агентов.

Установлен колебательный характер изменения концентрации протопектина и гидратопектина в растительном сырье при его кислотно-термической обработке, обусловленный одновременным протеканием в гидролизной смеси процессов гидролиза, сорбции, десорбции, диффузии, экстрагирования. Выявлены основные законо-

мерности процесса, позволяющие управлять извлечением пектиновых веществ с заданными свойствами.

Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность обработки различного пектиносодержащего сырья электроактивированной водной системой (ЭАВС) перед сушкой как фактора повышения выхода и качества извлекаемых пектиновых веществ. Выявлены основные закономерности регулирования качества сырья и пектина путем изменения технологических параметров ЭАВС в кислотной области значений pH.

Разработана математическая модель процесса набухания сушеного пектиносодержащего сырья, что позволяет повышать качество и выход пектиновых веществ.

Установлено, что наиболее эффективно процессы гидратации и набухания свежего и сушеного пектиносодержащего сырья происходят в среде электроактивированной водной системы. Исследована кинетика процесса и разработана кинетическая модель гидратации пектиносодержащего растительного сырья.

Впервые доказано, что одним из определяющих технологических факторов процесса гидролиза протопектина является кислотность сырья и концентрация кислоты в нем, характеризуемая показателем кислотосодержания. Установлено, что свекловичный жом имеет низкое значение показателя кислотосодержания ($A_k = 3,59 \cdot 10^{-4} \%$), наибольшее значение имеют яблочные выжимки ($A_k = 32,31 \%$).

Изучены теплофизические и физико-механические свойства исходного и гидролизованного растительного сырья, пектинопродуктов и пектина, что послужило научной основой для разработки технологии пектина и пектинопродуктов из свекловичного жома, яблочных и цитрусовых выжимок.

Исследованы диффузионные свойства гидролизованного пектиносодержащего сырья (свекловичный жом, мандариновые выжимки). Полученные локальные значения коэффициентов диффузии и параметра массопроводности стали основой для совершенствования процесса экстрагирования пектиновых веществ.

Получены данные об относительной стабильности комплексобразующей способности пектиновых веществ в растворах при термообработке: комплексобразующая способность свекловичного пектина не снижается в течение 1 ч при 100 °С. Определены границы технологических параметров для получения пектина с заданными свойствами.

Впервые установлено, что соотношение расхода масс жидкой и твердой фаз в гидролизной смеси является одним из определяющих технологических факторов процесса гидролиза протопектина.

Теоретически и экспериментально обоснована технологическая эффективность проведения процесса гидролиза под вакуумом, что позволяет достичь требуемой реакции среды в гидролизной смеси при снижении расхода или концентрации гидролизующего агента.

Показана возможность получения пектинопродуктов высокого качества путем термообработки высококислотных видов сырья без внесения кислоты.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Разработаны технологии получения пектина и пектинопродуктов с применением экологически безопасных гидролизующих агентов, обеспечивающие использование жидких и сухих пектинопродуктов при производстве пищевых изделий и в качестве продуктов питания.

Разработан принципиально новый способ получения пектина с использованием сушки пектинового экстракта и его последующей очистки, позволяющий в 3...4 раза по сравнению с традиционной технологией уменьшить расход спирта.

Разработан и реализован в условиях действующих производств новый способ проведения процесса гидролиза протопектина с использованием вакуума, позволяющий значительно сократить расход гидролизующего агента.

Разработаны технологические регламенты, нормативно-техническая документация, выполнены технико-экономические расчеты для организации производства пектина, пектинопродуктов из свек-

ловичного жома, яблочных и цитрусовых выжимок различной мощности на предприятиях Украины, Российской Федерации, Белоруссии, Казахстана. Разработана и утверждена в установленном порядке нормативно-техническая документация на жидкие и сухие пектинопродукты, пищевые изделия на их основе.

Установлены и рекомендованы допустимые сроки хранения свежего пектиносодержащего сырья, в течение которых не происходит существенных изменений выхода и качества пектина.

Оригинальность и новизна технических решений диссертационной работы подтверждена 18 авторскими свидетельствами и патентами Российской Федерации.

Разработанные технологии получения пектина и пектинопродуктов внедрены на Краснодарском пектиновом заводе, консервном заводе "Солдатский", Адлерской кондитерской фабрике (Россия), апробированы в опытно-промышленных условиях на действующих предприятиях Украины (Летичевский завод продтоваров), Казахстана (Меркенский сахарный завод). Экономический эффект от внедрения научных разработок составил около 2 млн.руб. в ценах 1992 г.

Основные положения диссертации используются в учебном процессе по курсу "Основы производства пектина" в Кубанском государственном аграрном университете.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и получили одобрение на Республиканской научно-технической конференции "Пути сокращения применения ручного труда в отраслях пищевой промышленности" (Запорожье, 1984 г.); на Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок" (Киев, 1989 г.); на Республиканской конференции "Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК" (Киев, 1989 г.); на VI Всесоюзной научно-технической конференции

“Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья” (Москва, 1989 г.); на Всесоюзной научной конференции молодых ученых и специалистов “Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации” (Москва, 1990 г.); на Республиканской научно-технической конференции “Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК” (Киев, 1991 г.); на IV Всесоюзной научно-технической конференции “Разработка комбинированных продуктов питания (медико-биологические аспекты, технология, аппаратное оформление, оптимизация)” (Кемерово, 1991 г.); на научной конференции “Научное обеспечение хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности” (Москва, 1991 г.); на III и IV научно-технических семинарах “Электротехнология пектиновых веществ” (Киев, 1992, 1993 г.); на Международной научно-технической конференции “Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК” (Киев, 1993 г.); на II Международном семинаре “Экология человека: проблемы и состояние лечебно-профилактического питания” (Москва-Пятигорск, 1993 г.); на I Всероссийском научно-техническом семинаре-совещании “Научные и практические пути решения проблемы производства пектина” (Краснодар, 1994 г.); на Первой конференции Северо-Кавказского региона “Современные достижения биотехнологии” (Ставрополь, 1995 г.); на Всеукраинской научно-технической конференции “Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість” (Киев, 1995 г.); на ежегодной научно-практической конференции Кубанского государственного аграрного университета (Краснодар, 1994-1996 г.г.), на межрегиональной научно-практической конференции “Пищевая промышленность-2000” (Казань, 1996 г.).

Способ переработки цитрусовых выжимок с получением пектина и пектинопродуктов, продукты питания на их основе экспонировались на ВДНХ СССР и удостоены серебряной медали.

На защиту выносятся:

- результаты исследований физико-химических свойств пектиновых веществ, технологических особенностей пектиносодержащего сырья; теоретическое и экспериментальное обоснование механизма извлечения пектиновых веществ из различного сырья;
- результаты комплексного исследования кинетических закономерностей процессов, а также влияния режимных параметров процессов набухания сырья, гидролиза и экстрагирования пектиновых веществ, очистки пектинового экстракта на показатели качества пектина и пектинопродуктов;
- научные принципы и практические аспекты технологий получения пектина и пектинопродуктов, пищевых изделий на их основе.

Личный вклад автора в получение научных результатов заключается в разработке экспериментальных установок, методик исследований, организации и проведении научных исследований в лабораторных и промышленных условиях, обработке и обобщении результатов, их теоретическом обосновании, непосредственном участии в организации опытно-промышленных производств, разработке технологических регламентов и нормативно-технической документации, в публикации результатов теоретических и экспериментальных исследований, в соучастии в выполнении диссертационных работ.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 96 печатных работ, в том числе монография, и получено 18 авторских свидетельств и патентов Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 274 страницах основного текста, содержит 97 рисунков, 54 таблицы и состоит из введения, восьми разделов, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы и приложений. Список использованной литературы включает 316 наименований на русском и иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе рассмотрены структура и свойства пектиновых веществ как полисахаридов, источники пектина, основные закономерности процесса экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья. На основе анализа литературных данных обоснован выбор объектов исследования (свекловичный жом, яблочные и цитрусовые выжимки, отдельные исследования проведены с измельченными корзинками подсолнечника), а также методов выделения пектиновых веществ и определения их физико-химических показателей.

Во втором разделе приведены результаты исследований физико-механических, физико-химических и теплофизических свойств пектиновых веществ, пектина и сухого пектинового экстракта из различных видов сырья.

Установлено, что при термообработке пектиновых растворов (рН 0,75) происходит резкое ухудшение студнеобразующей способности пектиновых веществ из свекловичного жома после 0,25 ч кипения экстракта при 100 °С и после 0,5 ч обработки при температуре 70 °С, а комплексообразующая способность пектиновых веществ при этом увеличивается на 4...5 %. Повышение рН экстракта до 3,6 приводит к увеличению комплексообразующей способности пектиновых веществ от 464 до 481 мг Rv^{2+} /г пектина при одновременном снижении студнеобразующей способности от 50,5 до 42,9 кПа, при кипячении в течение 0,67 ч комплексообразующая способность его изменяется незначительно, а студнеобразующая - снижается до 40,6 кПа. Анализ ИК-спектров пектиновых веществ показал, что при кипячении и повышении рН пектиновых экстрактов увеличивается содержание свободных карбоксильных групп и стерическая доступность карбонильных групп в молекулах пектиновых веществ, вследствие чего и увеличивается их комплексообразующая способность. Установлено, что комплексообразующая способность пектиновых веществ из мандариновых выжимок значительно увеличивается в результате термообработки пектиновых экстрактов.

Изучение физико-механических и теплофизических свойств пектиновых порошков (пектин, сухой пектиновый экстракт) и пектиновых экстрактов показало, что плотность, насыпная масса, удельная теплоемкость, температура плавления и другие характеристики имеют близкие значения для образцов из различного сырья. Это позволило разработать универсальную аппаратурно-технологическую схему производства пектина из различного сырья.

Исследование физико-химических свойств пектиновых веществ и анализ технологических и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к пектиновым порошкам и экстрактам, показали, что выпуск пектина и пектинопродуктов с высокими показателями качества и соответствующих требованиям безопасности пищевых продуктов возможен при организации производства по экологически чистым технологиям либо при значительном сокращении расхода химических реагентов.

Третий раздел посвящен анализу технологических особенностей пектиносодержащего сырья, исследованию отдельных процессов его подготовки к гидролизу протопектина.

Исследования содержания и физико-химических показателей пектиновых веществ выжимок мелкоплодных citrusовых (мандариновых, апельсиновых и грейпфрутовых), произрастающих в субтропической зоне Северного Кавказа, показали, что они наряду со свекловичным жомом и яблочными выжимками могут являться сырьем для промышленного получения пектина.

Установлено, что активная кислотность сырья, содержание в нем макроэлементов (кальция и магния) определяют как качественный и количественный состав пектиновых веществ в сырье, так и условия их извлечения. Высокое содержание ионов кальция, магния в свекловичном жоме и низкая активная кислотность сырья обуславливают высокую прочность связей протопектина в клеточной стенке и устойчивость жома к действию кислот, необходимость создания

“жестких” режимов гидролиза для достижения высокой степени извлечения пектина.

Для характеристики пектиносодержащего сырья и степени подготовки его к процессу гидролиза протопектина введены показатели полной кислотной емкости A_a , оптимальной кислотной емкости $A_{a \text{ опт}}$, показатель кислотосодержания сырья A_k , характеризующий количество грамм-эквивалентов кислоты, содержащееся в сырье, отнесенное к оптимальной кислотной емкости:

$$A_a = G_{k \text{ макс}}/G_c, \text{ г.экв/г}, \quad (1)$$

$$A_{a \text{ опт}} = [H^+]_{\text{опт}} \cdot W/100, \text{ моль/г}, \quad (2)$$

$$A_k = [H^+] \cdot W/A_{a \text{ опт}}, \%. \quad (3)$$

Показатель кислотосодержания сырья характеризует степень подготовленности пектиносодержащего сырья к гидролизу протопектина (табл.1). При поглощении сырьем количества кислоты, оптимального для гидролиза, значение A_k равно 100 %.

Таблица 1

Показатели кислотоёмкости и кислотосодержания отдельных видов свежего сырья

Наименование сырья	pH	$[H^+]$, моль/л	$A_{a \text{ опт}}$, моль/г	A_k , %
Свекловичный жом	6,2	$6,30 \cdot 10^{-7}$	154,30	$3,59 \cdot 10^{-4}$
Яблочные выжимки	2,5	$3,16 \cdot 10^{-3}$	7,82	32,31
Мандариновые выжимки	2,9	$1,26 \cdot 10^{-3}$	16,72	6,02
Корзинки подсолнечника	6,0	$1,00 \cdot 10^{-6}$	39,70	$1,26 \cdot 10^{-4}$

Показатели кислотосодержания свекловичного жома и корзинок подсолнечника значительно ниже, чем у другого сырья, что обуславливает необходимость создания высокой концентрации ионов водо-

рода в гидролизующем агенте при извлечении свекловичного и подсолнечного пектинов.

Анализ строения растительной ткани, биохимических и технологических особенностей пектиносодержащего сырья показал, что для улучшения его качества, извлечения пектиновых веществ при "мягких" режимах, повышения качества пектина и пектинопродуктов необходима предварительная подготовка сырья, направленная на увеличение показателя кислотосодержания сырья, снижение содержания ионов кальция и магния в нем, повышение диффузионной проводимости.

Исследование зависимости выхода и качества пектиновых веществ из свежего сырья от продолжительности его хранения показало, что свежееотжатые яблочные выжимки могут храниться без консервирования в течение 24...26 ч при температуре 20...22 °С и 72 ч при температуре 6...7 °С. Высокие выход и качество пектина из свекловичного жома и мандариновых выжимок сохраняются при хранении их в течение 20...30 ч.

С целью повышения качества пектиносодержащего сырья исследовано изменение показателей пектина при промывке сырья водой и ЭАВС перед сушкой. Установлено, что выход пектина при промывке сырья ЭАВС значительно выше, поскольку наряду с экстрагированием из сырья растворимых сухих веществ из него частично извлекаются ионы кальция и магния, вследствие чего прочность связей протопектина в клеточной стенке уменьшается. Качество пектина при этом улучшается: промывка ЭАВС снижает зольность свекловичного пектина на 0,42...0,45 пункта, уронидавая составляющая возрастает на 6,4...8,0 пунктов, студнеобразующая способность увеличивается на 23,2...31,3 кПа. Обработка свежих яблочных и цитрусовых выжимок ЭАВС также обеспечивает увеличение выхода пектина, однако показатели его качества хуже, чем при промывке водой, в связи с деструкцией пектиновых веществ при сушке сырья с высоким показателем кислотосодержания.

Установлено, что повышение температуры сушки сырья от 90 до 180 °С приводит к снижению выхода пектиновых веществ в 1,1 раза, уронидной составляющей на 3,5...3,8 пункта, студнеобразующей способности на 6,3...10,1 кПа, равновесная влажность сырья также несколько снижается.

Процесс экстрагирования растворимых веществ из прессованного сырья сопровождается его гидратацией. Продолжительность гидратации для свекловичного жома составляет 25...45 мин, для яблочных и цитрусовых выжимок 15...35 мин в зависимости от температуры. Установлено, что величина коэффициента диффузии и содержание растворимых сухих веществ в экстрагенте в первые 5 мин процесса увеличиваются, в следующие 5 мин коэффициент диффузии резко снижается, поскольку экстрагирование тормозится продолжающейся гидратацией сырья. В дальнейшем коэффициент диффузии растворимых сухих веществ монотонно убывает.

Результаты исследования процесса экстрагирования растворимых сухих веществ из свежего пектиносодержащего сырья использованы при разработке аппаратурно-технологических схем производства пектина и пектинопродуктов из яблочных и цитрусовых выжимок, прошли опытно-промышленную проверку на консервном заводе "Солдатский" и Адлерской кондитерской фабрике (Россия).

С целью повышения эффективности процессов гидролиза и экстрагирования пектиновых веществ из сырья исследованы процессы набухания сушеного сырья в воде и ЭАВС. Установлено, что скорость набухания сырья увеличивается при повышении температуры (рис. 1), поскольку при этом возрастает осмотическое давление, снижается плотность жидкости и соответственно возрастает высота столба влаги в капиллярах пектиносодержащего сырья, представляющего собой капиллярно-пористое тело. Исследования показали, что водоудерживающая способность сырья увеличивается в ряду: мандариновые, яблочные, апельсиновые, грейпфрутовые выжимки, корзинки подсолнечника, свекловичный жом, а также повышается

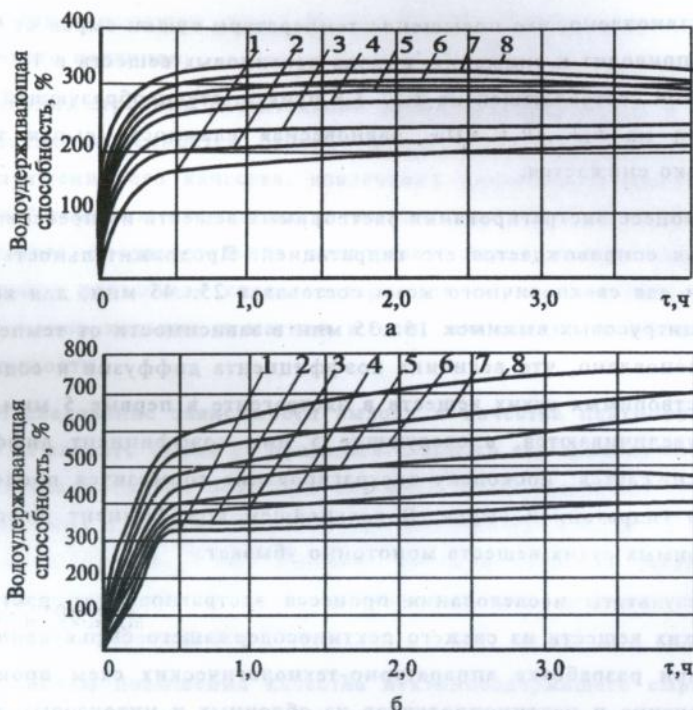


Рис. 1. Кинетика гидратации сушеных мандариновых выжимок (а) и свекловичного жома (б) при температурах, °С: 1 - 20; 2 - 30; 3 - 40; 4 - 50; 5 - 60; 6 - 70; 7 - 80; 8 - 90

при увеличении температуры. Наибольшая скорость процесса достигается при набухании citrusовых выжимок в первые 6...15 мин, свекловичного жома 30 мин, яблочных выжимок и корзинок подсолнечника 15 мин.

Различная водоудерживающая способность пектинсодержащего сырья обуславливает разные соотношения расхода масс при проведении гидролиза и экстрагирования пектиновых веществ: высокая степень извлечения пектиновых веществ из мандариновых и яблочных выжимок обеспечивается при меньших расходах экстрагента, чем из другого сырья.

Набухание сушеного сырья сопровождается экстрагированием

растворимых сухих веществ, в том числе гидратопектина, потери которого увеличиваются с ростом температуры и продолжительности процесса (при температуре 90 °С за 0,2 ч теряется 2,0 % пектиновых веществ от их общего содержания в жоме), однако студнеобразующая способность их низкая (6,7 кПа свекловичного и 9,3 кПа цитрусового пектина).

Эффективность процесса набухания оценивалась по его влиянию на выход и качество пектина. Пектин, извлекаемый из предварительно набухшего сырья, имеет более высокие показатели качества (рис. 2, на оси ординат показаны характеристики пектина из неподготовленного сырья).

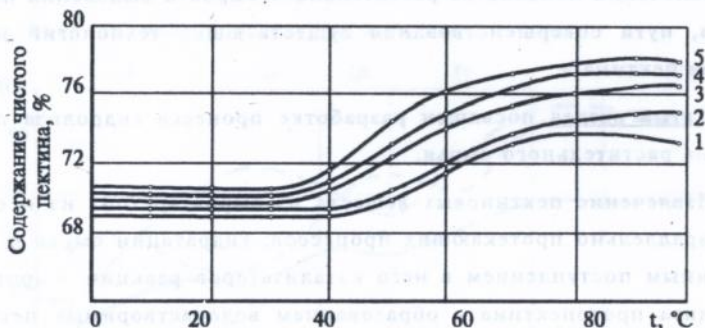


Рис. 2. Влияние температуры процесса набухания сырья на чистоту и студнеобразующую способность пектина:
1-свекловичный жом; 2- корзинки подсолнечника;
3-яблочные, 4-мандариновые, 5-апельсиновые выжимки

Степень гидролиза протопектина растительной ткани, восстановившей свои физические свойства в процессе набухания, увеличивается на 9...15 %, т.к. облегчается переход кислоты из экстрагента в сырье. Студнеобразующая способность пектина увеличивается на 4,0...9,1 кПа вследствие извлечения части балластных веществ при набухании. Методом полного факторного эксперимента получены уравнения математической модели процесса набухания различного сырья в кодированных обозначениях:

$$Y_{II} = 29,81 - 4,81 X_1 + 1,15 X_2 - 1,99 X_1 X_2, \quad (4)$$

$$Y_c = 31,03 - 2,73 X_1 + 1,36 X_2 - 7,61. \quad (5)$$

Определены оптимальные параметры процесса набухания сушеного сырья.

Полученные результаты явились основой для разработки способов получения пектина из сушеных свекловичного жома и выжимок растительного сырья.

В четвертом разделе проведен анализ существующих способов и аппаратного оформления процессов получения пектина и пектино-продуктов, определены основные направления исследований процессов извлечения пектина из растительного сырья и выделения из растворов, пути совершенствования существующих технологий производства пектина.

Пятый раздел посвящен разработке процесса гидролиза протопектина растительного сырья.

Извлечение пектиновых веществ из сырья состоит из нескольких параллельно протекающих процессов: гидратации сырья с одновременным поступлением в него катализаторов реакции - протонов, гидролиза протопектина с образованием водорастворимых пектиновых веществ, экстрагирования гидратопектина водой.

Условия извлечения пектиновых веществ, скорость и степень гидролиза протопектина определяются морфологией растительной ткани, характером химической связи пектиновых веществ с другими веществами сырья, структурой пектиновых молекул, химическим составом сырья.

С целью изучения механизма извлечения пектиновых веществ с учетом физико-химических характеристик растительного сырья проведены комплексные исследования изменений содержания пектиновых веществ как в жидкой фазе (экстракте), так и в самом сырье и концентрации растворимых сухих веществ в экстракте в процессе гидролиза протопектина свекловичного жома, мандариновых и яб-

лочных выжимок при использовании в качестве гидролизующего агента водных растворов соляной и лимонной кислот, ЭАВС. Установлено, что характер изменения анализируемых показателей для каждого вида сырья не зависит от вида гидролизующего агента, а определяется концентрацией активных ионов водорода в системе и температурой. Исследования показали, что в процессе гидролиза изменение содержания в сырье протопектина, а следовательно, и степени его гидролиза имеет колебательный характер. На рис. 3 представлена кинетика гидролиза протопектина мандариновых выжимок при различных концентрациях лимонной кислоты и свекловичного жома при концентрации соляной кислоты 1,5 %. Полученные результаты свидетельствуют о различной кинетике процесса в растительной ткани свекловичного и цитрусового сырья.

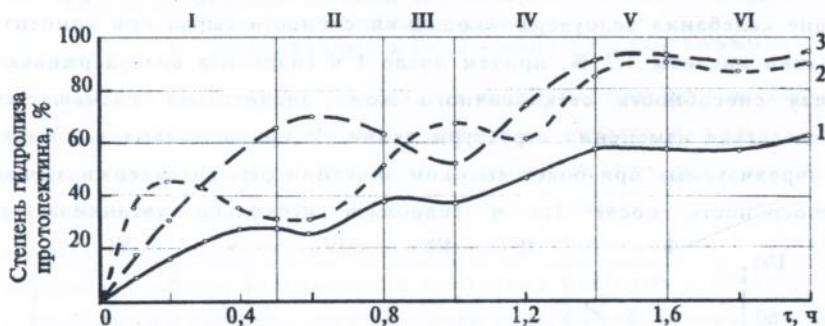


Рис. 3. Кинетика гидролиза протопектина мандариновых выжимок лимонной кислотой концентрацией 0,5 % (1) и 1,5 % (2) и свекловичного жома (3) соляной кислотой концентрацией 1,5 %

Оптимальные условия для гидролиза протопектина (достижение оптимальной кислотной емкости сырья) создаются для цитрусового сырья значительно быстрее, чем для свекловичного: за первые 0,1 ч процесса степень гидролиза протопектина свекловичного жома составляет 17 %, мандариновых выжимок (при концентрации кислоты 1,5 %) 36 %. Различия полученных закономерностей для свекловичного жома, яблочного и цитрусового сырья обусловлены особен-

ностями структуры и свойств растительной ткани и извлекаемых пектиновых веществ.

Пектиносодержащее сырье характеризуется кислотной емкостью, в связи с чем при погружении в раствор кислоты свежее и набухшее сырье поглощают некоторое количество кислотного водного раствора, водоудерживающая способность сырья при этом увеличивается. Кроме того, свежесобраный жом характеризуется наибольшей водоудерживающей способностью, поскольку содержание свободных карбоксильных и, соответственно, свободных гидроксильных групп в молекуле свежесобранного пектина значительно выше, чем в цитрусовом и яблочном пектинах, имеющих высокую степень этерификации.

Характер изменения водоудерживающей способности показан на рис. 4: имеют место сначала значительные, а после 1 ч - затухающие колебания водоудерживающей способности сырья при концентрации кислоты 1,5 %, причем после 1 ч гидролиза водоудерживающая способность свежесобранного жома значительно уменьшается вследствие изменения структуры ткани. У мандариновых выжимок, гидролизующихся при более высоком значении pH, водоудерживающая способность после 1,6 ч гидролиза несколько увеличивается.

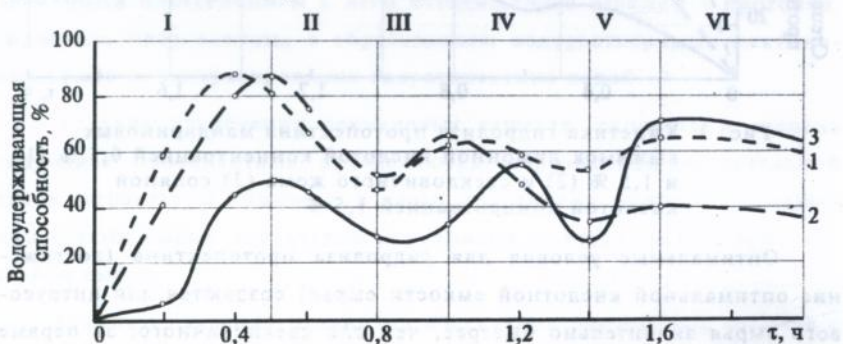


Рис. 4. Изменение водоудерживающей способности сырья в процессе гидролиза при различной концентрации кислоты: 1-мандариновые выжимки, $S_k=1,5\%$; 2 - свежесобраный жом, $S_k=1,5\%$; 3-мандариновые выжимки, $S_k=0,5\%$

Характер изменения содержания ионов кальция и магния в экстракте и, соответственно, степени извлечения их из сырья (рис.5) также колебательный.

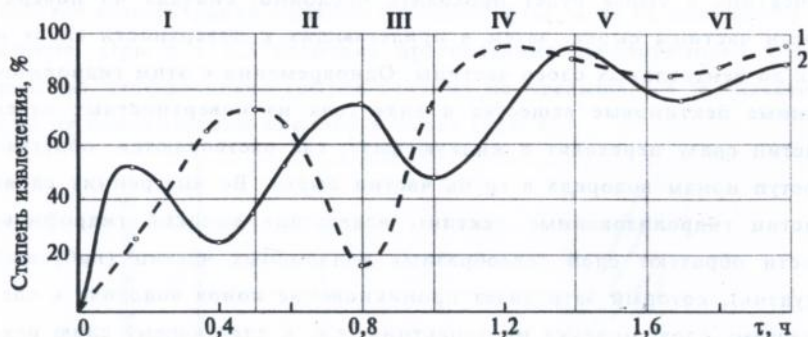


Рис. 5. Изменение степени извлечения ионов Ca^{++} и Mg^{++} из сырья в процессе гидролиза:

1 - свекловичный жом; 2 - мандариновые выжимки

Анализ полученных результатов позволил выделить несколько фаз гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ и выявить основные закономерности. При этом учитывалось, что лимитирующей стадией протонкатализируемого гидролиза является образование активированного промежуточного комплекса протопектина с ионами водорода и разрыв кальциевых и магниевых мостиков с целлюлозой и белками. На рисунках показаны фазы для свекловичного жома.

Процесс гидролиза является гетерогенной бимолекулярной реакцией, которая может происходить только при условии взаимодействия протопектина и активных ионов водорода. Поскольку содержание ионов водорода в сырье ниже необходимой для гидролиза концентрации и обеспечить одновременный контакт всех молекул протопектина с протонами невозможно из-за достаточно больших размеров частиц сырья, то скорость гидролиза протопектина определяется скоростью проникновения протонов в растительную ткань и характером взаимодействия макромолекул протопектина с ними. Процесс гидролиза осуществляется по мере поступления и продви-

жения ионов водорода в глубь сырья за счет сорбции раствора кислоты в свободное поровое пространство (I, III, V фазы гидролиза) и путем диффузии в течение всего процесса. При этом гидролиз протопектина в сырье будет проходить послойно: сначала на поверхности частицы сырья, затем в прилегающих к поверхности слоях и так до центральных слоев частицы. Одновременно с этим гидролизованные пектиновые вещества в виде геля из поверхностных слоев частиц сразу переходят в жидкую фазу, где растворяются, облегчая доступ ионам водорода в глубь частиц сырья. Во внутренних слоях частиц гидролизованные пектины вследствие высокой гидрофильности образуют слой гелеобразных коллоидных частиц (набухший студень), который затрудняет проникновение ионов водорода к следующему слою молекул протопектина (т.е. к следующему слою пектатцеллюлозных оболочек клеток). Стремление системы к равновесию приводит к сорбции сырьем жидкой фазы.

Установлено, что одновременное протекание в гидролизной смеси процессов сорбции сырьем жидкой фазы и растворенных в ней веществ (ионов Ca^{++} и Mg^{++} , водорода, пектиновых веществ), диффузии ионов водорода и молекул водорастворимых пектинов, процессов ионного обмена, гидролиза протопектина, экстрагирования пектиновых веществ обуславливает колебательный характер изменения степени гидролиза протопектина в течение всего процесса и, соответственно, степени извлечения пектиновых веществ из сырья.

Осложненность гидролиза протопектина сорбционными процессами подтверждается тем, что при удалении частиц сырья из системы эти колебательные процессы затухают и прекращаются.

Более высокая вязкость растворов пектиновых веществ цитрусовых и яблочных выжимок, высокая степень этерификации пектиновых веществ, преобладание водородных связей в протопектине обуславливают отличие процессов, происходящих в цитрусовых и яблочных выжимках, от процессов в свекловичном жоме.

С целью определения влияния количества жидкости в системе на кинетику гидролиза протопектина проведены исследования при

соотношениях расхода масс (q) 0,43; 1,15; 1,86; 2,30; 7,60, соответствующих влажности свекловичного жома 40, 60, 70, 80, 90 %. Установлено, что параметром, определяющим скорость процесса, является концентрация кислоты в жидкой фазе, а не ее количество в системе. При $q \leq 2,3$ гидролиз протопектина свекловичного жома проходит неэффективно (выход пектина не превышает 4 %) независимо от концентрации кислоты в сырье (рис. 6).

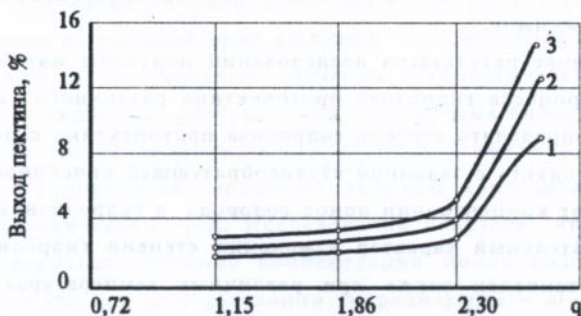


Рис. 6. Зависимость выхода пектина из свекловичного жома от гидро модуля при концентрации кислоты, %:
1 - 0,75; 2 - 1,2; 3 - 1,5

Причиной этого является создание в реакционной среде условий обратимости химической реакции (ионы кальция и магния не выводятся из сырья), а также отсутствие достаточного для химической реакции количества одного из реагирующих веществ - воды. При $q \geq 7,6$ по массе сушеного свекловичного жома и $q \geq 5,0$ по массе мандариновых выжимок, обеспечивающих достижение сырьем влажности 90 и 83 % соответственно, создаются условия для эффективного гидролиза протопектина.

Исследована кинетика гидролиза протопектина свекловичного жома, яблочных выжимок при изменении концентрации ионов водорода в пределах 0,10...0,47; 0,03...0,20; 0,01...0,07 моль/л. Установлено, что изменение содержания пектиновых веществ в сырье и, соответственно, выхода пектина имеет колебательный характер, описываемый синусоидальной зависимостью. При повышении концентрации ионов водорода в гидролизной смеси увеличивается угол накло-

на кривых к оси абсцисс, амплитуда колебаний, точки экстремумов сдвигаются влево. Происходит это за счет увеличения скорости диффузии ионов водорода в растительной ткани и более быстрого достижения их концентрации, необходимой для гидролиза, т. е. сокращения лимитирующей процесс гидролиза стадии. Получены зависимости средней константы скорости гидролиза протопектина от концентрации ионов водорода для свекловичного жома, мандариновых и яблочных выжимок.

На основе результатов исследований получены математические описания процесса гидролиза протопектина различного сырья, позволяющие определять степень гидролиза протопектина с получением целевого продукта с заданной студнеобразующей способностью в зависимости от концентрации ионов водорода в гидролизной смеси.

Колебательный характер изменения степени гидролиза протопектина установлен также при различных температурах процесса (рис. 7), причем при увеличении температуры амплитуда колебаний и количество экстремумов на кривых увеличиваются.

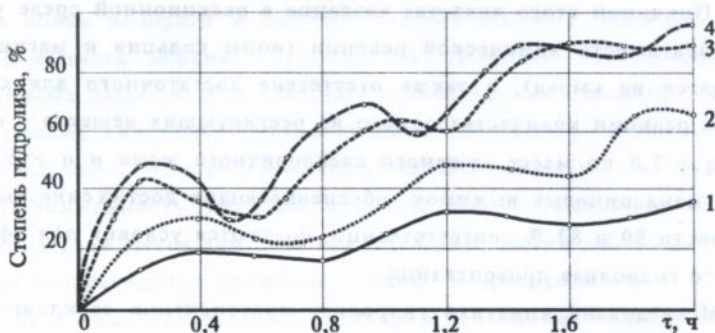


Рис. 7. Кинетика гидролиза протопектина мандариновых выжимок при температуре, °C: 1- 40; 2- 60; 3- 80; 4- 90

Результаты исследования показали, что температурный коэффициент скорости химической реакции в диапазоне температур 50...90 °C для гидролиза протопектина мандариновых выжимок равен в среднем 1,363, свекловичного жома 1,393.

Установлено, что наибольшие значения имеет константа скорости гидролиза свекловичного жома, при повышении температуры процесса от 40 до 90 °С ее значения возрастают в пять раз. Получены уравнения для расчета значений средней константы скорости гидролиза протопектина в зависимости от температуры, позволяющие оптимизировать технологические процессы. Определена величина энергии активации молекул пектиновых веществ (53,0 кДж/моль для свекловичного жома, 88,0 и 105,6 кДж/моль для мандариновых и грейпфрутовых выжимок соответственно).

Определены оптимальные значения технологических параметров процесса гидролиза протопектина исследуемых видов сырья.

Использование гидролизующих агентов с высокой концентрацией ионов водорода обуславливает высокую коррозионную активность технологических сред. Исследования показали, что необходимое для гидролиза значение концентрации ионов водорода может быть достигнуто при использовании гидролизующего агента с меньшей, чем необходимо, концентрацией за счет кипения гидролизной смеси под вакуумом, сопровождающегося частичным удалением из гидролизной смеси влаги. Установлено, что при уменьшении величины остаточного давления в системе от 95 до 35 кПа выход свекловичного пектина снижается с 11,42 до 4,31 %, чистота пектина варьирует в пределах 78...58 % (при одинаковой продолжительности процесса и концентрации ионов водорода в гидролизной смеси в конце вакуумирования).

Оптимальной для получения качественного пектина при достаточно высоком выходе является величина остаточного давления 85 кПа, константа скорости гидролиза при этом равна 0,71 ч⁻¹, pH гидролизной смеси 2,53 (такое же значение константы скорости может быть получено при атмосферном давлении и концентрации ионов водорода в гидролизной смеси 0,2 моль/л). Исследования различных способов проведения процесса гидролиза с использованием вакуума показали высокую эффективность четырехстадийного процесса извлечения пектина: термостатирование набухшего жома в

ЭАВС, гидролиз протопектина при остаточном давлении 85 кПа, термостатический гидролиз, экстрагирование пектиновых веществ.

Поскольку увеличение концентрации ионов кальция и магния в реакционной среде приводит к повышению скорости реакции, обратной гидролизу протопектина, и обуславливает колебательный характер процесса, одной из задач является снижение концентрации ионов кальция и магния в гидролизной смеси. Установлено, что выведение этих ионов из реакционной среды при проведении гидролиза в две стадии (продолжительность первой 0,6 ч, второй 0,9 ч) обеспечивает интенсификацию процесса извлечения пектиновых веществ из сырья: степень гидролиза около 95 % достигается на 0,2 ч раньше, чем при одностадийном процессе, колебания степени гидролиза протопектина незначительны.

Установлено, что степень этерификации яблочного пектина значительно снижается при увеличении продолжительности процесса гидролиза до 3,5 ч и уменьшении рН ЭАВС до 1,1...1,5, комплексообразующая способность пектина возрастает при этом до 186...242 мг Pv^{2+} /г пектина, что позволяет использовать яблочный пектин в качестве детоксиканта. Разработан способ получения низкометоксилированного пектина.

Исследована зависимость изменения содержания растворимого пектина в растительном сырье при термообработке без внесения кислоты. Автогидролиз проходит более интенсивно в среде с высокой активной кислотностью, степень гидролиза протопектина выжимок яблук-дички и алычи достигает 56,9...61,6 %. Установлено, что использование высококислотных видов сырья в качестве источника активных ионов водорода и лимонной кислоты, образующей нерастворимые и слабо растворимые соединения с ионами кальция и магния, обеспечивает получение пектинопродуктов высокого качества из сырья с низкой активной кислотностью, обработка под вакуумом интенсифицирует процесс гидролиза.

В шестом разделе рассмотрены особенности массообмена в системе гидролизованное пектиносодержащее сырье - жидкость.

В результате кислотно-термического воздействия на растительную ткань на стадии гидролиза протопектина происходят значительные изменения свойств сырья: изменяется структура ткани, снижается упругость, эластичность частиц сырья, уменьшается размер частиц, увеличивается вязкость жидкой фазы, что является причиной снижения движущей силы процесса экстрагирования. Диффузионные свойства пектиносодержащего сырья в процессе экстрагирования из него пектина также изменяются (рис. 8).

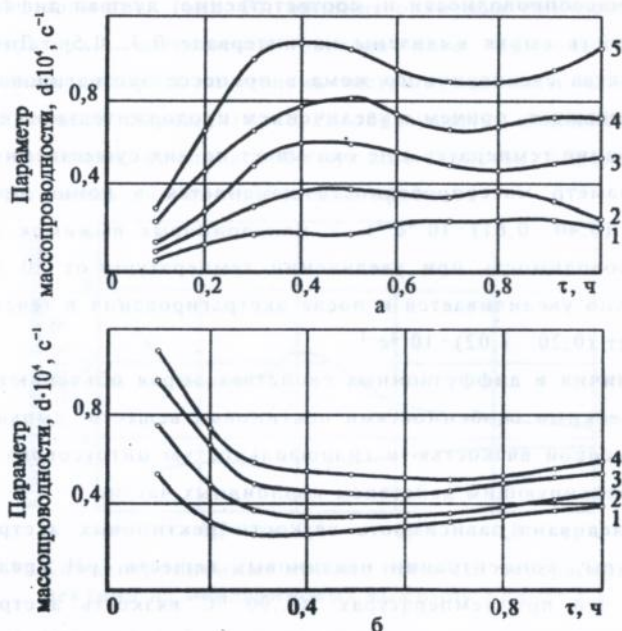


Рис.8. Изменение параметра массопроводности пектиносодержащего сырья при различных температурах, °С:
1- 50; 2- 60; 3- 70; 4- 80; 5- 90;
а-мандариновые выжимки; б-свекловичный жом

Для оценки диффузионных свойств сырья использован параметр массопроводности d :

$$d = \frac{F_0}{\tau} = \frac{D}{R^2}, \text{ c}^{-1}. \quad (6)$$

Значения критерия Фурье, коэффициента диффузии рассчитывали по уравнению:

$$Z = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4Bi^2}{\mu_n^2(\mu_n^2 + Bi^2)} \cdot e^{-\left(\frac{q+S}{q}\mu_n^2Fo\right)} \quad (7)$$

Установлено, что диффузионные свойства гидролизованного свекловичного жома и мандариновых выжимок различны. Диффузионная проводимость мандариновых выжимок значительно увеличивается в первые 0,5 ч экстрагирования, максимальные значения параметра массопроводности и, соответственно, лучшая диффузионная проводимость сырья выявлены на интервале 0,3...0,5 ч. Диффузионные свойства свекловичного жома в процессе экстрагирования пектина ухудшаются, причем с увеличением продолжительности процесса увеличение температуры не оказывает на них существенного влияния (параметр массопроводности изменяется в конце процесса в пределах $(0,40...0,61) \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$). У мандариновых выжимок диффузионная проводимость при увеличении температуры от 50 до 90 °С значительно увеличивается и после экстрагирования в течение 1,0 ч составляет $(0,20...1,02) \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$.

Различия в диффузионных свойствах сырья объясняются физико-химическими особенностями пектиновых веществ сырья, в частности, высокой вязкостью и гидрофильностью цитрусового пектина, а также блокирующим действием коллоидных частиц.

Исследована зависимость вязкости пектиновых экстрактов от температуры, концентрации пектиновых веществ, pH среды. Установлено, что при температурах 50...90 °С вязкость экстрактов из цитрусовых выжимок увеличивается в 2...3 раза при повышении концентрации пектина в нем от 0 до 0,5...0,7 %, что обуславливает низкую диффузионную проводимость сырья в первые 0,3 ч процесса экстрагирования. Снижение эффективности экстрагирования пектиновых веществ при повышении концентрации обуславливает необходимость выделения процессов гидролиза и экстрагирования в отдельные технологические стадии.

Наибольшую вязкость пектиновые экстракты имеют при pH 3...4, при pH 4,5 отмечено снижение вязкости, связанное с изоэлектрической точкой. При экстрагировании пектиновых веществ из мандариновых выжимок при pH менее 2,5, яблочных выжимок и свекловичного жома при pH менее 3,0 вязкость пектинового экстракта оказывает наименьшее влияние на диффузионные свойства сырья, обеспечивается улучшение условий массоотдачи.

Исследована кинетика процесса экстрагирования пектина при различных параметрах (рис. 9), влияние основных факторов процесса (температура, соотношение расхода масс, продолжительность, скорость движения фаз) на степень экстрагирования и выход пектина из различного сырья, его студнеобразующую способность, степень этерификации, комплексообразующие свойства, определены оптимальные технологические параметры процесса.

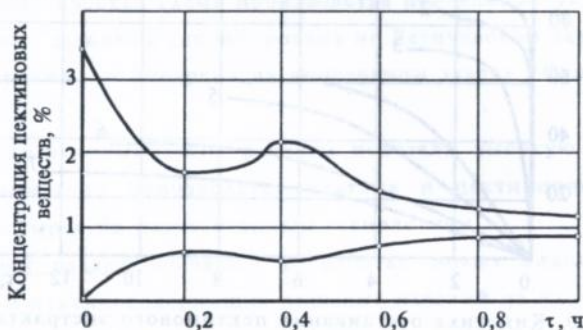


Рис. 9. Концентрационные кривые процесса экстрагирования пектина из мандариновых выжимок при $q=2,5$

Одним из путей повышения эффективности пектинового производства является сокращение расхода химических реагентов, в частности спирта. Разработан способ получения пектиновых веществ в сухом виде путем сушки распылением (сушильный агент - горячий воздух) и очистки. Исследования показали, что получаемые сухие пектиновые экстракты содержат в зависимости от вида сырья и чистоты жидкого пектинового экстракта от 30 до 50 % пектиновых веществ высокого качества, а также белки, углеводы, минеральные

вещества, что обуславливает высокую пищевую и биологическую ценность пектинопродуктов. Разработан процесс очистки сухих пектиновых экстрактов от балластных по отношению к пектину веществ спиртом и ЭАВС, обеспечивающий чистоту пектина не менее 70 % и высокую студнеобразующую способность.

Показатели качества пектиновых веществ в значительной степени зависят от содержания балластных веществ в пектиновом экстракте, которое может быть снижено путем отстаивания и фильтрования. Исследована кинетика процессов при различных концентрациях пектиновых веществ в экстракте, температурах, содержании сухого остатка (рис. 10). Определены оптимальные параметры, составлены математические описания процессов, позволяющие определить их продолжительность.

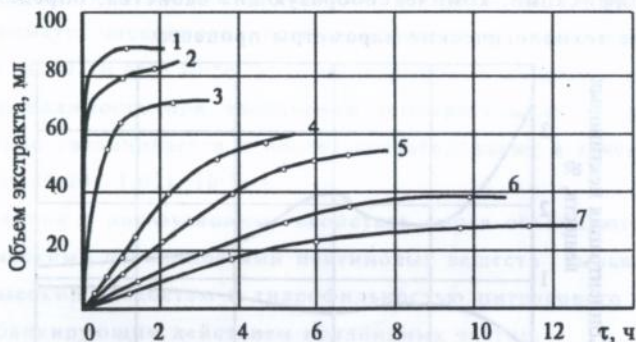


Рис. 10. Кинетика отстаивания пектинового экстракта с различным содержанием сухого остатка, г/л:
1-3,67; 2-5,50; 3-7,33; 4-11,0; 5-14,70; 6-18,33; 7-22,00

В седьмом разделе приведено описание разработанных технологий производства пектина и пектинопродуктов, апробированных в промышленных условиях и использованных при разработке технологической и проектно-сметной документации на строительство пектиновых производств.

На основе результатов теоретических, экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний процессов пектинового производства разработаны новые аппаратно-технологиче-

ческие схемы производства пектина из свекловичного и яблочного сырья с применением ЭАВС, которые использованы в технологическом регламенте (для проектирования) на производство пектина в строящемся пектиновом цехе Ивацевичского спиртзавода (Белоруссия), в проектно-сметной документации на строительство пектиновых заводов в г. г. Майкопе, Липецке (Россия), на Меркенском сахарном заводе (Казахстан); производства пектинового экстракта, студнеобразующего пюре и пектина из цитрусовых выжимок (внедрена на Адлерской кондитерской фабрике - Россия). На рис. 11 представлена разработанная аппаратурно-технологическая схема производства пектина из свекловичного и яблочного сырья.

Усовершенствована аппаратурно-технологическая схема производства пектина из сушеного свекловичного жома (внедрена на Краснодарском пектиновом заводе - Россия), разработана аппаратурно-технологическая схема производства пектинопродуктов из свежих яблочных выжимок (апробирована на Летичевском заводе продоваров - Украина - и внедрена на консервном заводе "Солдатский" - Россия).

Технико-экономические расчеты показали высокую эффективность организации производства пектина и пектинопродуктов из различного сырья по разработанным технологиям.

Восьмой раздел посвящен разработке новых видов пектинопродуктов и пектиносодержащих пищевых изделий на их основе (макаронные, молочные продукты, десертные напитки, напитки на основе соков и др.).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основе результатов теоретических, экспериментальных и промышленных исследований научно обоснованы, разработаны и реализованы в производственных условиях усовершенствованные технологии и технологические процессы, обеспечивающие повышение эффективности пектинового производства и расширяющие его воз-

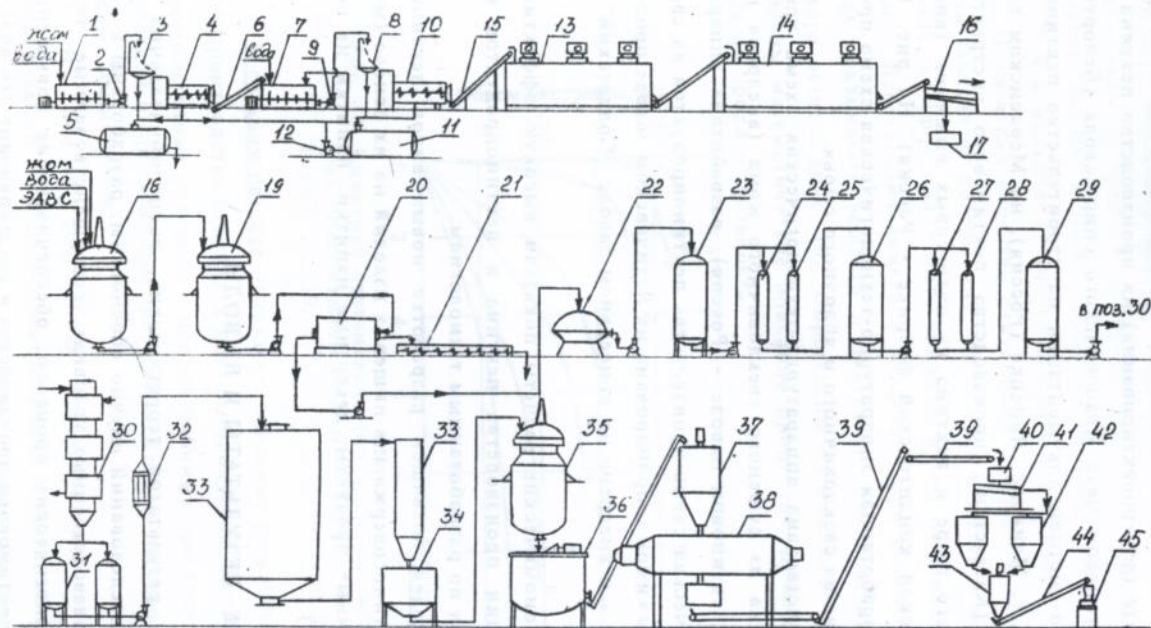


Рис. 11. Аппаратурно-технологическая схема производства пектина из свекловичного жома: 1,7-емкость промывки жома, 2,9,12-насос, 3,8-сито дуговое, 4,10-пресс шнековый, 5,11,31-сборник, 6,15,39,44-транспортер, 13,14-сушилка ленточная, 16,41-просеиватель, 17-сборник, 18-гидролизатор, 19-охладитель, 20-центрифуга фильтрующая, 21-конвейер, 22-сепаратор, 23,26,29-сборник, 24,25-фильтр катионитовый, 27,28-фильтр анионитовый, 30-РПА, 32-теплообменник, 33-сушилка распылительная, 34,42-бункер, 35-реактор, 36-фильтр, 37-сборник, 38-сушилка роторная, 40-измельчитель, 43-купажер, 45-весы

возможности по выработке пектинопродуктов и пищевых изделий на их основе при снижении удельных расходов основного и вспомогательного сырья.

1. Разработан теоретически, обоснован экспериментально и подтвержден промышленными испытаниями принципиально новый подход к переработке пектиносодержащего сырья с использованием в качестве гидролизующих агентов ЭАВС и растворов пищевых кислот без применения традиционных для пектинового производства концентрированных высокоактивных химических реагентов.

2. Определены на основе экспериментальных исследований допустимые сроки хранения свежего пектиносодержащего сырья, при которых исключены существенные изменения выхода и качества пектина. Продолжительность хранения яблочных свежеежатых выжимок составляет 24...26 ч, мандариновых выжимок и свекловичного жома 20...30 ч при температуре 20...22 °С.

3. Обоснована целесообразность предварительной обработки пектиносодержащего сырья перед сушкой или гидролизом ЭАВС либо слабыми растворами кислот. Это обеспечивает проведение процесса при более "мягких" режимах и получение пектиновых веществ более высокого качества: выход пектина увеличивается на 20...40 пунктов, студнеобразующая способность - на 23,2...31,3 кПа для свекловичного пектина.

4. Разработана математическая модель процесса набухания сушеного пектиносодержащего сырья. Установлено, что кинетика водопоглощения сушеным сырьем определяется численными значениями параметров процесса (температура и продолжительность). Предельное водопоглощение составляет 800 % для свекловичного жома, 390 % для яблочных и 332...570 % цитрусовых выжимок; влияние рН среды на кинетику процесса набухания незначительно.

5. Установлена зависимость изменения выхода и показателей качества пектина (степень этерификации, студнеобразующая и комплексообразующая способности) от технологических параметров процессов подготовки сырья, извлечения, выделения и очистки пектина,

что позволяет математически моделировать процессы для получения целевого продукта с заданными свойствами.

6. Установлены закономерности изменения содержания пектина в растительном сырье в процессе гидролиза протопектина. Изменения обусловлены химическими превращениями молекул протопектина, сопровождающимися сорбцией и десорбцией жидкой фазы, диффузией ионов водорода и пектиновых веществ. Это позволило более глубоко раскрыть механизм извлечения пектиновых веществ из растительного сырья.

7. Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что при извлечении пектиновых веществ из сырья экстрагирование гидратопектина целесообразно выделять в отдельную стадию.

8. Разработан и внедрен новый способ проведения процесса гидролиза протопектина с использованием вакуума, позволяющий уменьшить расход кислоты, получить пектинопродукты пищевого достоинства.

9. Разработан принципиально новый процесс выделения пектина с использованием сушки пектинового экстракта и его последующей очистки, позволяющий уменьшить в 3...4 раза расход спирта по сравнению с традиционной технологией и получить пектин высокого качества.

10. Результаты исследования свойств пектиносодержащего сырья и пектиновых веществ, использование экологически чистых гидролизующих агентов позволили разработать ряд новых технологических процессов производства пектина, обосновать целесообразность использования пектиновых экстрактов и на их основе создать новые виды пектиносодержащих пищевых изделий массового спроса и лечебно-профилактического назначения. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация на 15 видов пектиносодержащих пищевых изделий.

11. На основе результатов проведенных исследований разработаны технологические регламенты (для проектирования) и проектно-сметная документация на организацию производств:

- яблочного пектина мощностью 150 т в год (Белоруссия, г. Ивацевичи);

- свежловичного пектина и пектинопродуктов (пектиносодержащий жидкий и сухой сахар) мощностью 150 т пектина в год (Казахстан, п. Мерке);

- жидких пектинопродуктов из свежотжатых яблочных выжимок мощностью 20 т пектинового экстракта в сутки, опытно-промышленный цех введен в эксплуатацию (Кабардино-Балкария, ст. Солдатская);

- яблочного пектинового экстракта и пектиносодержащего пюре, предназначенных для выработки зефира, мармелада, пектинового напитка, введен в эксплуатацию промышленный цех по переработке яблочных выжимок (Украина, г. Летичев);

- цитрусового пектина и пектинопродуктов (экстракт, пюре) из выжимок мелкоплодных цитрусовых мощностью 20 т пектина в год (производство организовано на Адлерской кондитерской фабрике, Россия);

- свежловичного пектина и пектинопродуктов мощностью 150 т пектина в год (Республика Адыгея, г. Майкоп);

- пектина из свежих и сушеных яблочных выжимок и свежловичного жома на автоматизированном комплексе по производству пектина мощностью 100 т в год (Россия, г. Липецк).

12. Реализация предложенных технологических процессов пектинового производства позволила снизить затраты химических реагентов, повысить выход целевого продукта и создать безотходную технологию комплексной переработки вторичных сырьевых ресурсов. Разработанные процессы, способы получения пектинопродуктов и оборудование апробированы в производственных условиях, внедрены и защищены 18 авторскими свидетельствами и патентами.

Фактический экономический эффект от внедрения разработок на Краснодарском пектиновом заводе и консервном заводе "Солдатский" составляет около 2 млн. руб. в ценах 1992 г.

Реализация технологий получения пектина и пектинопродуктов.

разработанных в результате выполненных исследований, является основой для организации высокоэффективных экологически безопасных отечественных пектиновых производств.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Отдельные издания

1. Производство свекловичного пектина / Н.С. Карпович, Е.Н. Киореску, Л.В. Донченко, В.В. Нелина // Научн.-техн. реф. сб. ЦНИИТЭИПищепром.-М, 1984.-Вып. 13.-13 с.
2. Методические указания по определению пектиновых веществ в производстве / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович и др. - М.: АгроНИИТЭИПищепром, 1987.-41 с.
3. Нелина В.В. Интенсификация процесса экстрагирования в производстве пектина. Автореф. дис...канд.техн.наук.-Киев, 1988.-24 с.
4. Пектин. Производство и применение / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. - К. : Урожай, 1989.-88 с.
5. Пектин.Производство пектина и пектиновых экстрактов/И.С. Гулый, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович.-Киев, 1992.-55 с.
6. Свойства пектиновых веществ / Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, Т.И. Костенко, И.А. Крапивницкая, В.В. Нелина, - Киев: Знание, 1992.-34 с.
7. Пектин. Применение пектина / Т.И. Костенко, В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович.-Киев, 1992.-51 с.
8. Пектин.Методы контроля в пектиновом производстве/В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, Г.Н. Игнатьева.-Киев,1992.-13с.
9. Пектин: его свойства и производство / И.С. Гулый, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, В.В. Нелина, Т.И. Костенко// Обзор. инф. АгроНИИТЭИПП, сер. 14. Обзоры по информационному обеспечению общесоюзных научно-технических программ.-М., 1992.-Вып.6.- 55 с.
10. Лабораторний практикум з фізико-хімічного контролю пектинового виробництва для студентів технологічних спеціальностей / І.О. Крапивницька, М.І. Сороколіт, О.Ф. Гурська, В.В. Неліна і др. - Київ: ІСДО, 1995.-84 с.
11. Нелина В.В. Физико-химические свойства пектиновых веществ. Разработка и совершенствование технологий пектина и пектинопродуктов.-Краснодар,1996.-90 с.

Научные статьи в журналах, сборниках трудов, доклады

12. О роли набухания растительной ткани при экстрагировании пектиновых веществ / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович и др. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность.-1984.-№11.-С.17-18.
13. Механизация процесса экстрагирования пектина / Е.Н. Киореску, Н.С. Карпович, В.В. Нелина и др. // Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф. "Пути сокращения применения ручного труда в отраслях пищевой промышленности", Запорожье-Киев, 1984.-С.12-13.
14. Оптимальный режим гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из свекловичного жома / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.И. Першакова // Хлебопекарная и кондитерская промышленность.-1985.-№4.-С.34-36.
15. Совершенствование экстрагирования пектиновых веществ / Е.Н. Киореску, Н.С. Карпович, В.В. Нелина, Л.В. Донченко // Пищевая и перерабатывающая промышленность.-1985.-№4.-С. 44-45.
16. Технологические схемы производства пектина из свекловичного жома / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, Е.Н. Киореску, Б.М. Мыц, В.В. Нелина // Сб. Пищевая промышленность.-Киев: Техника,1985.-Вып. 31.-С. 34-36.
17. Эффективность экстрагирования пектиновых веществ / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович и др. // Деп. в ЦНИИТЭИПищепром, №1256-10/2.- 1986.-11 с.
18. О влиянии размера частиц сырья на выход пектиновых веществ в производстве / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович и др. // Пищевая промышленность.-1987.-№2.-С. 21-22.
19. Требования к сушеному свекловичному жому - сырью для производства пектина / Н.С. Карпович, Е.В. Яровая, С.М. Почко, В.В. Нелина // Сахарная промышленность.-1987.-№8.-С. 37-38.
20. Нелина В.В., Донченко Л.В., Лысянский В.М. Кинетика процесса экстрагирования пектиновых веществ // Интенсификация процессов пищевых производств, управление, машины и аппараты. Межвуз. сб. научн. тр.- Л.: ЛТИХП, 1987.-С. 111-116.
21. Донченко Л.В., Нелина В.В., Чумпалова Т.В. Кинетика процесса набухания пектиносодержащего растительного сырья // Процессы и аппараты пищевых производств, их интенсификация и управление. Межвуз. сб. научн. тр.-Л.: ЛТИХП, 1988.-С. 51-55.

22. Совершенствовать технологию выработки пектина / Н.С. Карпович, Е.В. Яровая, Л.В. Донченко, В.В. Нелина // Пищевая промышленность.-1988.-№5.-С. 8-9.
23. Нелина В.В., Лысянский В.М., Донченко Л.В. Режим набухания сушеного свекловичного жома при изготовлении пектина // Пищевая промышленность.-1988.-№5.-С. 10-11.
24. Влияние температуры на экстрагирование пектина / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович, В.М. Лысянский // Пищевая промышленность.-1988.-№6.-С. 31.
25. Нелина В.В., Донченко Л.В. Разработка процессно-аппаратурной схемы производства пектина из мандариновых выжимок // Тез. докл. всес. конф. молодых ученых и специалистов "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок".-Киев, 1989.-С. 99.
26. Интенсификация процесса экстрагирования пектиновых веществ / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, В.М. Лысянский, Н.С. Карпович // Тез. докл. республ. конф. "Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК".-Киев, 1989.-С. 47.
27. Использование электроактивированных жидких систем в качестве гидролизующего агента при производстве пектина / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, И.А. Ильина и др. // Тез. докл. всесоюзн. научн.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья".-М., 1989.-С. 13.
28. Донченко Л.В., Нелина В.В. Влияние ударных воздействий на студнеобразующую способность пектина / Тез. докл. VI всесоюзн. научн.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья".-М., 1989.-С. 17.
29. Технология производства пектина и пектиносодержащих студнеобразователей с использованием электроактивированных жидких систем / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, А.Г. Долгов и др. // Тез. докл. VI всесоюзн. научн.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья".-М., 1989.-С. 24.
30. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Аппаратурно-процессное оформление набухания сушеного пектиносодержащего растительного сырья // Процессы управления и аппараты пищевой технологии. Межвуз. сб. научн. тр. - Л.: ЛТИХП, 1989.-С. 117-121.

31. Донченко Л.В., Нелина В.В., Крицкий А.В. Комплексное использование мандариновых выжимок при производстве студнеобразователей // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М., 1990.-С. 138.
32. Разработка способа получения цитрусового пектина с использованием электрофизических методов / Л.В. Донченко, А.Г. Долгов, М.М. Гамидов, В.В. Нелина // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М., 1990.-С.151.
33. Разработка бескислотного способа получения пектина из свекловичного жома / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, А.Б. Матвисенко и др. // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М., 1990.-С. 152.
34. Нехай Р.Ю., Донченко Л.В., Нелина В.В. Исследование процесса сушки пектинового коагулята // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М.,1990.-С. 153.
35. Исследование коррозионной активности экстрагентов пектинового производства / М.М. Гамидов, А.Г. Долгов, В.В. Нелина, Л.В. Донченко // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М., 1990.-С. 145.
36. Чумпалова Т.В., Тимошенко Е.П., Нелина В.В. Виноградные выжимки - новое сырье для производства пектина // Тез. докл. научн. конф. молодых ученых и специалистов "Повышение эффективности отраслей деятельности потребительской кооперации".-М., 1990.-С. 148
37. Аспекты экологии и развитие пектиновых производств как важнейшее направление пищевой индустрии в условиях ухудшения экологической обстановки / Н.С. Карпович, Е.В. Яровая, Л.В. Донченко, В.В. Нелина // Тез. докл. республ. научн. конф. "Пути коренного улучшения продовольственного обеспечения в новых условиях хозяйствования".-Сумы, 1990.-С. 107-108.
38. Развивать производство пектина и пектиносодержащих продуктов на базе отечественного сырья / Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Т.И. Костенко,

- Л.Я. Родионова // Сб. научн. тр. "Проблемы развития хозяйственного механизма в потребительской кооперации".-М., 1990.-С. 182-189.- Деп. 25.12.90, №251.
39. Донченко Л.В., Нелина В.В., Долгов А.Г. Совершенствование процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ // Межвуз. сб. научн. тр. Машины, агрегаты, процессы и аппараты пищевой технологии.-Л.: ЛТИХП, 1990.-С. 15-18.
40. Пектин: підготовка до виробництва / Л. Донченко, В. Неліна, І. Крапивницька, С. Рубінов.-Харчова і переробна промисловість.-1991.-№3.-С. 14-15.
41. Разработка технологии комплексного использования пектиносодержащего сырья / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. // Тез. докл. республ. научн.-техн. конф. "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК".-Киев, 1991.-С. 74.
42. Перспективное направление по созданию пектиносодержащих пищевых изделий / Т.И. Костенко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович, Л.В. Донченко // Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок. Использование вторичного сырья пищевых ресурсов".-Киев, 1991.-Т. 2.-С. 196.
43. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Исследование механизма гидролиза и кинетики экстрагирования пектиновых веществ из сырья// Тез. докл. всесоюзн. научн. конф. "Совершенствование технологических процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок. Использование вторичного сырья пищевых ресурсов".-Киев, 1991.-Т. 2.-С. 197.
44. Производство пектинопродуктов из вторичного яблочного и цитрусового сырья / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович и др. // Тез. докл. IV всесоюзн. научн.-техн. конф. "Разработка комбинированных продуктов питания (медико-биологические аспекты, технология, аппаратурное оформление, оптимизация)".-Кемерово, 1991.-Разд. III б.-С. 28-29.
45. Экотехнология переработки вторичного растительного сырья / В.В. Нелина, И.А. Крапивницкая, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. IV всесоюзн. научн.-техн. конф. "Разработка комбинированных продуктов пита-

ния (медико-биологические аспекты, технология, аппаратурное оформление, оптимизация)". - Кемерово, 1991.-Разд. III б.-С. 29-30.

46. Інтенсифікація процесу екстрагування / Л. Донченко, М. Карпович, В. Неліна, І. Крапивницька.-Харчова і переробна промисловість.-1991.-№4.-С. 21.

47. На рівні світових стандартів / Л. Донченко, Н. Карпович, В. Неліна, І. Крапивницька.-Харчова і переробна промисловість.-1991.-№4.-С. 21.

48. Екстракт з яблучних вичавок / В. Неліна, С. Рубінов, Л. Донченко, М. Карпович // Харчова і переробна промисловість.-1991.-№6.-С. 20.

49. Изучение физико-механических и теплофизических свойств сырья и продуктов пектинового производства / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, С.П. Доценко, В.С. Косячев// Тез. докл. всесоюз. научн.-техн. конф. "Холод - народному хозяйству".-Л., 1991.-С. 367-368.

50. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Исследование механизма и кинетики извлечения пектиновых веществ из сырья//Тез.докл. всесоюз. научн.-техн. конф. "Холод - народному хозяйству".-Л., 1991.-С. 364.

51. Исследование процесса коагуляции пектиновых веществ / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, Т.В. Чумпалова // Тез. докл. научн.-техн. конф. "Холод - народному хозяйству".-Л., 1991.-С. 364-365.

52. Донченко Л.В., Нелина В.В., Карпович Н.С. Совершенствование процессов подготовки пектиносодержащего сырья к гидролизу//Тез.докл. всесоюз.научн.-техн.конф."Холод-народному хозяйству".-Л.,1991.-С.366.

53. Донченко Л.В., Карпович Н.С., Нелина В.В. Феномен пектиновых веществ.- Вісник аграрної науки.-1991.-№9.-С. 42-44.

54. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Физико-химические особенности процесса гидролиза пектиновых веществ // Тез. докл. научн. конф. "Научное обеспечение хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности".-М,1992.- С.167-168.

55. К расчету процесса гидролиза протопектина / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Е.В. Яровая и др. // Тез. докл. научн. конф. "Научное обеспечение хранения и переработки растительного сырья в пищевой промышленности".-М, 1992.-С. 168-169.

56. Использование пектиносодержащих добавок при производстве булочных и макаронных изделий / Е.В. Кузьмина, Т.И. Костенко, В.В. Нелина и др. // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнологии пектиновых веществ".-Киев, 1992.- С. 72.

57. Исследование хранения спиртованных пектиновых экстрактов / В.В. Нелина, О.Н. Мигалкина, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 31-32.
58. Исследование изменения качества пектина при хранении пектинового экстракта без консервации / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович и др. // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 32-33.
59. Нелина В.В., Чумпалова Т.В. Разработка методики определения массовой доли пектиновых веществ в пектиносодержащем сахаре // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 33.
60. Нелина В.В., Гирич Л.В. Определение срока хранения пектиновых экстрактов с различным значением pH // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 34.
61. Исследование процессов извлечения пектиновых веществ из свежесваренного сырья / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович и др. // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 34-35.
62. О физических свойствах пектиносодержащего сырья / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович и др. // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 36-37.
63. Нелина В.В. Экологическая переработка растительного сырья // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - с. 43.
64. Новое направление в создании пектиносодержащих пищевых продуктов / Л.В. Донченко, Т.И. Костенко, Н.С. Карпович, В.В. Нелина // Тез. докл. III научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ". - Киев, 1992. - С. 52-53.
65. Лікувальні властивості пектинів / Т. Костенко, Л. Донченко, В. Неліна, І. Крапивницька.-Харчова і переробна промисловість.-1992.-№5.-С.21.
66. Донченко Л.В., Нелина В.В., Карпович Н.С. Совершенствование процесса извлечения пектиновых веществ // Информационный сб. АгроНИИТЭИПП. Пищевая промышленность. - 1992. - Вып.3. - С.18-30.
67. Социальные, научные и инженерно-технические предпосылки создания пектиновых производств / И.С. Гулый, Л.Д. Бобровник, Л.В. Дон-

- ченко, Н.С. Карпович, В.В. Нелина и др. // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 8-11.
68. Исследование влияния обработки свежесобранного жомы электрофизическими методами на выход и качество пектиновых веществ / Е.П. Тимошенко, В.В. Нелина, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 14.
69. Разработка способа получения пектиновых веществ с использованием разрежения / В.В. Нелина, И.А. Крапивницкая, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, Л.В. Гирич // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 17.
70. Совершенствование технологии производства пектинопродуктов из яблочного сырья / В.В. Нелина, С.Р. Рубинов, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 18.
71. Новый профилактический напиток / Т.И. Костенко, В.В. Нелина, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 23.
72. Изучение возможности многократного использования промывных вод / В.В. Нелина, Г.Н. Игнатъева, Л.В. Донченко // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С.27.
73. Влияние климатических условий произрастания яблок на выход и качественные показатели пектина / Г.Н. Игнатъева, Л.В. Донченко, В.В. Нелина // Тез. докл. IV научн.-техн. семинара "Электротехнология пектиновых веществ".-Киев, 1993.-С. 38.
74. Визначення режимних параметрів вилучення розчинних речовин яблучних вичавок / С.Р. Рубінов, О.В. Яровая, В.В. Неліна, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович // Тез. доп. міжнародної науково-технічної конф. "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК".-Киев, 1993.-С. 91.
75. Расширение ассортимента пектинопродуктов из яблочного сырья / В.В. Нелина, Т.И. Костенко, Л.В. Донченко, Н.С. Карпович//Тез. докл. II Межд. сем. "Экология человека: проблемы и состояние лечебно-профилактического питания".-М.-Пятигорск, 1993.-С. 89.
76. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Экотехнология пектина и пектинопродуктов из вторичных сырьевых ресурсов переработки плодов // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и

практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 18-19.

77. О способе гидролиза пектиновых веществ с малыми значениями гидро модуля / Ю.Ю. Куянов, О.О. Дикая, Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Г.Н. Игнатъева // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С.19-20.

78. Совершенствование технологии пектина из корзинок подсолнечника / В.Д. Надыкта, В.В. Нелина, И.В. Соболев, Л.Я. Родионова // Тез. докл. I Всерос. семинара совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 21.

79. Биохимический способ подготовки свекловичного пектиносодержащего сырья / Н.И. Сороколит, И.А. Крапивницкая, Л.В. Чететкина, В.В. Нелина и др.// Тез. докл. I Всерос. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 22.

80. Нелина В.В. Технологическая схема производства пектина и пектинопродуктов из яблочных выжимок // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С.23-25.

81. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Разработка технологии производства пектина и пектинопродуктов с использованием нативных кислот сырья // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С.26-27.

82. Нелина В.В., Донченко Л.В. Разработка технологии сухого пектинового экстракта и пектина // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 29-30.

83. Новый профилактический напиток на основе яблочного пектинового экстракта / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Т.И. Костенко, С.Р. Рубинов // Тез. докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 41-42.

84. Опыт работы пектинового производства Солдатского консервного завода / С.Р. Рубинов, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Н.С. Карпович // Тез.

докл. I Всерос. научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения производства пектина".-Краснодар, 1994.-С. 44.

85. Интенсификация процесса гидролиза пектиновых веществ / Л.В. Четкина, В.В. Нелина, Л.В. Донченко и др. // Тез. докл. I Всерос.научн.-техн. семинара-совещания "Научные и практические пути решения проблемы производства пектина".-Краснодар,1994.-С.98.

86. Нелина В.В., Донченко Л.В., Карпович Н.С. Экотехнология пектина и пектинопродуктов из вторичных сырьевых ресурсов // Хранение и переработка сельхозсырья.-1994.-№3.-С. 15-16.

87. Нелина В.В., Четкина Л.В., Донченко Л.В. Получение пектиновых веществ с применением разрежения // Хранение и переработка сельхозсырья.-1994.-№3.-С. 18-19.

88. Технология пектина из корне- и клубнеплодов с промежуточным сбраживанием сахаров / Н.И. Сороколит, И.А. Крапивницкая, Л.В. Четкина, В.В. Нелина и др. // Хранение и переработка сельхозсырья.-1994.-№3.-С. 19-20.

89. Нелина В.В., Донченко Л.В., Родионова Л.Я. Очистка сухого пектинового экстракта - один из путей повышения эффективности производства пектина //Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона "Современные достижения биотехнологии".-Ставрополь, 1995.-С. 10.

90. Оптимизация процессов получения пектинопродуктов из дикорастущих яблок/ В.В. Нелина, Л.Я. Родионова, И.В. Соболев, Л.В. Донченко// Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона "Современные достижения биотехнологии".-Ставрополь,1995.-С. 18-19.

91. Очистка пектинового экстракта-основа повышения качества пектина / В.В. Нелина, Л.Я. Родионова, Л.В. Донченко, З.Н. Хатко// Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона "Современные достижения биотехнологии".-Ставрополь, 1995.-С. 19-20.

92. Биохимический способ подготовки свекловичного пектиносодержащего сырья / Н.И. Сороколит, И.А. Крапивницкая, Н.С. Карпович, Л.В. Четкина, В.В. Нелина, Л.В. Донченко // Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона "Современные достижения биотехнологии".-Ставрополь, 1995.-С. 20.

93. Безвідхідна технологія переробки яблучних вичавок на пектинопродукти /І.О. Крапивницька, О.Ф. Гурська, В.В. Неліна, Н.С. Карпович // Тез. доп. Всеукраїнс. наук.-техн. конф. "Розробка та впровадження про-

гресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість".-Київ: УДУХТ.- 1995.-С. 62.

94. Спосіб виробництва пектиновмісного цукру. / І. С. Гулий, М.С. Карпович Н.С., І.О. Крапивницька, В.В. Неліна и др. // Тез. доп. Всеукраїнс. наук.-техн. конф. "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість".-Київ: УДУХТ.- 1995.-С. 64.

95. Спосіб виробництва пектинопродуктів в умовах малих підприємств / Ю.Ю. Куянов, М.І. Сороколит, І. О. Крапивницька, В.В. Неліна и др. // Тез. доп. Всеукраїнс. наук.-техн. конф. "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість".-Київ, УДУХТ.-1995.-С. 68.

96. Способ производства пектина из биохимически подготовленного пектиносодержащего сырья / И.А. Крапивницкая, Е.В. Кушнир, Л.В.Донченко, В.В.Нелина, Н.С.Карпович//Тез. докл. межрегион. науч.-практ. конф. "Пищевая промышленность - 2000", июнь 1996.- Казань, 1996.-С.220-221.

Авторские свидетельства, патенты

97. А. с. №1136344 СССР. Способ получения пектина из сухого свекловичного жома / Н.С. Карпович, В.М. Лысянский, Л.В. Донченко, Б.М. Антонян, В.В. Нелина и др. // ДСП.- 1982.

98. А. с. №1144210 СССР. Способ получения студнеобразующего продукта из растительного сырья / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, Е.Н. Киореску, Л.И. Мироненко, Б.М. Овечкий, В.В. Нелина и др. // ДСП.- 1984.

99. А. с. №1220161 СССР. Способ производства желеиногo мармелада / В.М. Кузубов, Л.В. Донченко, В.В. Нелина // ДСП. - 1985.

100. А. с. №1713249 СССР. Способ получения пектина / Т.В. Мгебришвили, О.К. Медведев, Р.Ф. Скаковский, Е.Н. Кошевой, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. , всего 10 авторов.- 1989.

101. А. с. №1570052 СССР. Способ производства пектина из свекловичного жома /Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина и др. // ДСП.-1990.

102. Способ получения низкометоксилированного пектина / И.С. Гулий, Л.В. Донченко, В.В. Нелина, Л.Д. Бобровник, всего 10 авторов. // Положит. реш. ВНИИГПЭ от 23.04.91 о выдаче авт. свидетельства на заявку 4897272/05.

103. Патент РФ 1811649. Способ получения пектина из выжимок растительного сырья/Л.В.Донченко, В.В. Нелина, И.С.Гулий, 11 авторов.-1992.

104. А. с. №1736020. Способ концентрирования пектиносодержащего раствора / О.С. Гааг, Л.В. Плакса, Е.Х. Кизлер, Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, В.В. Нелина.- 1992.
105. А. с. №1839086 СССР. Способ получения пектина из растительного сырья и установка для его осуществления / Р.Ю. Нехай, Б.М. Бжемухов, Б.И. Гонтарь, Л.В. Донченко, В.В. Нелина.- 1993.
106. Способ производства пектиносодержащего сгущенного молока с сахаром/Т.И. Костенко, И.Н. Бондаренко, В.А. Ромоданова, Л.В. Донченко, А.В. Дегтярь, Л.И. Касьянов, Т.А. Скорченко, В.В. Нелина //Положительное решение ВНИИГПЭ от 30.03.94 по заявке №93016192/13.
107. Патент РФ 2005791. Способ получения пектиносодержащего сахара / И.С. Гулый, В.В.Нелина, И.А. Крапивницкая, всего 9 авторов. - 1994.
108. Патент РФ 2035516. Способ получения пектиносодержащего продукта / И.С. Гулый, Н.С. Карпович, В.В. Нелина, всего 10 авторов.- 1995.
109. Патент РФ 2050794. Способ получения жидкого пектиносодержащего продукта /В.В. Нелина, Т.И. Костенко, С.Р. Рубинов, всего 6 авт.-1995.
110. Патент РФ 2035165. Способ получения пектина из растительного сырья / Н.С. Карпович, Л.В. Донченко, И.С. Гулый, В.В.Нелина, всего 6 авторов.- 1995.
111. Способ приготовления макаронных изделий / Т.И. Костенко, Н.С. Карпович, В.В. Нелина, Л.В. Донченко, всего 7 авторов. // Положительное решение о выдаче патента РФ от 26.09.95 по заявке №93031367.
112. Способ производства желейного продукта / Л.В. Донченко, Н.С. Карпович, Т.И. Костенко, В.В. Нелина, Т.И. Овсяк //Положительное решение о выдаче патента РФ от 19.09.95 по заявке №93046135.
113. Способ получения сухого пектинового экстракта из сушеного растительного сырья и способ получения пектина из растительного сырья / В.В. Нелина, Л.В. Донченко, Т.В. Чумпадова, Н.С. Карпович // Подъжителное решение о выдаче патента РФ от 30.01.96 по заявке №94004112.
114. Патент РФ 2055485. Способ получения низкометоксилированного пектина / Л.В. Донченко, Г.М. Сычева, В.Д. Бакирь, В.Г. Усачева, В.В. Нелина.- 1996.

Автор искренне благодарен всем соавторам и коллегам.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

A_a - кислотная емкость сырья, г.экв кислоты на 1 г сырья;
 G_k - количество кислоты, поглощаемое сырьем при избытке кислоты, г.экв;
 G_c - масса сырья, г;
 $A_{допт}$ - значение кислотной емкости сырья, достаточное для гидролиза протопектина, моль/г;
 W - влажность сырья, %;
 A_k - показатель кислотосодержания сырья, %;
 $[H^+]$ - концентрация ионов водорода в сырье, моль/г;
 $[H^+]_{допт}$ - концентрация ионов водорода в сырье, достаточная для гидролиза протопектина, моль/г;
 Bi, Fo - диффузионные критерии;
 D - коэффициент диффузии;
 τ - продолжительность процесса, ч;
 μ - корни характеристического уравнения $I_0(\mu)/I_1(\mu) = 1/Bi^*$;
 $Y = K/P$ - функция отклика процесса набухания сушеного сырья;
 K - коэффициент набухания сушеного пектиносодержащего сырья, %;
 P - потери пектиновых веществ из сырья при набухании, %
 X_1 - продолжительность процесса набухания, мин;
 X_2 - температура процесса набухания, °C.

АНОТАЦІЯ

Неліна В.В. Розробка та вдосконалення технологій пектину та пектинопродуктів.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.05 - технологія цукру та цукристих речовин, Український держ.ун-т харчових технологій, Київ, 1996. Захищаються 96 наукових робіт, 18 патентів та авторських свідоцтв, які містять комплекс теоретичних та експериментальних досліджень впливу параметрів процесів зберігання та гідратації сировини, гідролізу протопектину, екстрагування пектинових речовин, відстоювання та фільтрування пектинових екстрактів, очищення сухих пектинових екстрактів на кінетику видобування пектинових речовин із рослинної тканини та їхні властивості. Встановлено, що визначальним технологічним чинником гідролізу є кислотомістність рослинної сировини та концентрація кислоти в рослинній тканині. Встановлено коливальний характер зміни вмісту пектинових речовин у сировині, зумовлений одночасним протіканням в гідролізній суміші процесів гідролізу, сорбції та десорбції, екстрагування, уточнено механізм процесу гідролізу. Вивчено дифузійні, теплофізичні, фізико-хімічні властивості пектинових речовин, пектину та пектинопродуктів. Розроблено нові та вдосконалено наявні процесно-апаратурні схеми виробництва пектину та пектинопродуктів із бурякового жому та інших видів сировини. Здійснено промислове запровадження розроблених технологій, розроблено технологічні регламенти, нормативно-технічна документація на пектинопродукти та харчові вироби на їхній основі. Приведено данні про їхню ефективність.

Ключові слова: пектинові речовини, пектинопродукти, буряковий жом, гідроліз, екстрагування.

ANNOTATION

Nelina V.V. Working Out and Developing the Technologies of Pectin and Pectin Products.

The thesis is presented for doctor's of technical sciences degree, speciality 05.18.05 - sugar and sugar substances technology, Ukrainian State University of Food Technologies, Kiev, 1996.

There are presented 96 scientific works, 18 patents. They all contain a complex of theoretical and experimental investigations on the topic. An influence of the parameters of the processes of raw storage and hydration, protopectin hydrolysis, pectin substances extraction, pectin extracts' precipitation and filtration, dry pectin extracts' purification on the kinetics of pectin substances derivation from plant tissue and their properties. There was affirmed that the crucial technological factor of hydrolysis is the acid-capacity of plant raw and the acid concentration in plant tissue. There was affirmed an oscillating character of the changes in raw's pectin substances content, which is conditioned by the simultaneous current of hydrolysis, sorbtion and desorbtion, extraction processes in a hydrolysis mixture; the mechanism of hydrolysis process was clarified. The diffusive, physical and chemical properties of pectin substances, pectin and pectin products were studied. There were worked out the new and developed the old process-and-apparatus schemes of pectin and pectin products processing from beet pulp and other kinds of raw. There was accomplished an industrial introduction of worked-out technologies, the technological terms of time were worked out, the normative and technological documentation for pectin products and food products on their base was confirmed. The data of their efficiency are presented.

Keywords: pectin substances, pectin products, beet pulp, hydrolysis, extraction.

357110

AB 35.520