

Учреждение образования
«Могилевский государственный университет продовольствия»

УДК 664.292

**ЛАЗОВИКОВА
ЛЮБОВЬ ВЛАДИМИРОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ВЫЖИМОК ЯБЛОК
И ПРОИЗВОДСТВА ИЗ НИХ ПЕКТИНА**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.18.15 – технология и товароведение пищевых
продуктов, продуктов функционального и специализированного назначения
и общественного питания

Могилев 2015

Работа выполнена в учреждении образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

Научный руководитель

Василенко Зоя Васильевна, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки РБ, заведующая кафедрой технологии продукции общественного питания и мясо-продуктов, Могилевский государственный университет продовольствия

Официальные оппоненты:



Артемова Елена Николаевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии и организация питания, гостиничного хозяйства и туризма, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

Болотько Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой товароведения и организации торговли, Могилевский государственный университет продовольствия

Оппонирующая организация

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач, стоящих перед перерабатывающими отраслями АПК, является наиболее полное использование сырья и полезных веществ, содержащихся в нем. В Постановлении Совета Министров Союзного государства № 6 «О научно-технической программе Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» особое внимание обращается на необходимость переработки вторичных ресурсов, образующихся в процессе производства пищевой продукции [1]. Значительное место в переработке плодоовощного сырья занимает производство соков и вина, особенно из яблок. При этом образуется достаточно большое количество вторичного сырья – выжимок. По данным Белорусского государственного концерна пищевой промышленности за последние 5 лет в среднем только по предприятиям концерна в Республике Беларусь ежегодно образуется до 120 тыс. тонн выжимок яблок, которые в мировой практике используются для производства пектина.

Пектин проявляет защитное действие на организм человека, так как способен сорбировать и выводить из организма ядовитые вещества, радионуклиды, болезнетворные микроорганизмы и выделяемые ими токсины, биогенные токсины, ксенобиотики, продукты метаболизма, а также холестерин, желчные кислоты, мочевину и другие. Потребность в нем, согласно рекомендациям Института питания при Российской Академии Медицинских Наук, составляет 5 – 15 г в сутки. Для обеспечения 9,5 млн населения РБ необходимым количеством пектина надо производить его более 17 тысяч тонн в год. При этом за первое полугодие 2015 года импорт пектина в Республику Беларусь составил всего лишь 113,6 тонн [2]. И этот пектин благодаря своим технологическим свойствам используется в различных отраслях пищевой промышленности как гелеобразователь, загуститель, стабилизатор. Однако, несмотря на широкую сырьевую базу, имеющуюся в РБ, и такую огромнейшую потребность в пектине производство его отсутствует. Это связано с тем, что технологии получения пектина, разработанные в СНГ, многооперационные, трудоемкие, разноречивые и энергоемкие, а применяемые на иностранных предприятиях являются «ноу-хау». Кроме того, известные технологии производства пектина позволяют получать из выжимок яблок всего лишь до 50 % пектина, что делает их недостаточно рентабельными. До настоящего времени нет единого мнения по подготовке выжимок к гидролизу протопектина, от чего зависит качество и выход пектина. Режимные параметры технологического процесса получения пектина варьируют в достаточно широких пределах и не обеспечивают полного гидролиза протопектина и перехода в растворимый пектин. Поэтому разработка технологии производства пектина из отечественного сырья является весьма актуальной задачей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Настоящая работа выполнялась на кафедре технологии продукции общественного питания и мясопродуктов учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» как Госбюджетная НИР, финансируемая за счет средств Министерства образования Республики Беларусь ГЗ НИР №09–05 «Оптимизация технологии производства пектина из выжимок яблок», номер госрегистрации 20091289 (05.01 – 31.12.09г.), и в соответствии с планом НИР кафедры по теме ГБ 31–01 «Разработка научных основ и новых высокоэффективных технологий производства пищевых продуктов, кулинарных блюд и изделий, обогащенных полезными пищевыми веществами, обеспечивающих ресурсо- и энергосбережение – номер госрегистрации 20112367 (2011–2015 гг.).

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы является разработка научно обоснованной технологии подготовки выжимок яблок и производства из них пектина.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение влияния различных способов подготовки выжимок яблок на выход пектина и показатели его качества;
- исследование кинетики сушки выжимок яблок в виброкипящем слое и определение оптимальных параметров их сушки;
- разработка технологии подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина;
- определение оптимальных параметров первичного гидролиза протопектина;
- определение оптимальных параметров вторичного гидролиза протопектина;
- разработка научно обоснованной технологии получения пектина из выжимок яблок, подготовленных по разработанной технологии.

Научная новизна

– установлено, что максимально сохранить количество и качество пектина в выжимках яблок возможно путем их предварительного гранулирования с последующей сушкой в виброкипящем слое, что затем позволяет исключить стадию промывания выжимок яблок перед гидролизом протопектина;

– обоснована целесообразность пофракционного выделения пектина из гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, с применением промежуточного пропаривания выжимок перед выделением трудногидролизуемой фракции протопектина. Установлено, что пофракционное извлечение пектина с промежуточным пропариванием позволяет не только извлекать его до 87,1 % от общего содержания в выжимках, против 30,2 %, выделяемого по традиционной технологии, но и получать пектины с разными технологическими свойствами и возможностями применения;

– инсталлированы особенности гидролиза протопектина гранулированных сушеных выжимок яблок в зависимости от режимных параметров гидролиза: при мягких условиях выделяется высокометоксилированная фракция

протопектина, удерживаемая в молекуле, главным образом водородными связями, а при жестких условиях – среднеметоксилированная, удерживаемая, в основном, более прочными хелатными связями, что подтверждается чувствительностью этой фракции к ионам Ca^{2+} ;

– определены физико-математические параметры процесса сушки выжимок яблок в виброкипящем слое, включающие уравнение для определения коэффициента сушки, по величине которого можно определить как скорость процесса, так и ее продолжительность.

Положения, выносимые на защиту:

– зависимость выхода и показателей качества пектина от способов подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина, позволившая разработать технологию подготовки выжимок яблок, а именно гранулирование выжимок, сушку их в виброкипящем слое, пропаривание выжимок, позволяющая извлекать до 87,1 % пектина против 30,2 % по традиционной технологии от общего содержания в выжимках;

– эмпирические зависимости, позволяющие оценить влияние параметров сушки яблочных выжимок в виброкипящем слое на основные показатели извлекаемого из них пектина: выход и студнеобразующую способность;

– извлечение легкогидролизуемой фракции протопектина из гранулированных сушеных выжимок яблок при следующих режимных параметрах гидролиза: величина pH 3,5, температура (76 ± 2) °C и продолжительность 2,5 часа, обеспечивающие получение пектина со степенью метоксилирования – 89,60 %, молекулярной массой – 40 141 Да, прочностью студней – 309 °ТБ и выходом пектина – 6,99 %, что обеспечивает получение высокометоксилированного пектина с прочностью студней, превышающей на 35 % прочность студней 1-го класса, предусмотренную ГОСТ 29186-91, а также извлечение трудногидролизуемой фракции протопектина из сушеных выжимок яблок при следующих режимных параметрах гидролиза: продолжительность обработки выжимок паром 10 минут, значение pH 1,4, температура (83 ± 2) °C и продолжительность 0,5 часа, обеспечивающих получение пектина со степенью метоксилирования – 62,84 %, молекулярной массой – 17 160 Да, прочностью студней – 216 °ТБ и выходом – 15,04 %, что обеспечивает получение среднеметоксилированного пектина, обладающего чувствительностью к ионам кальция, с выходом, превышающим на 49 % выход пектина, получаемого по традиционной технологии;

– технология производства двухстадийного последовательного гидролиза протопектина с промежуточным пропариванием из гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое (первая стадия гидролиза – значение pH 3,5, температура (76 ± 2) °C и продолжительность 2,5 часа, вторая стадия гидролиза – продолжительность обработки выжимок паром 10 мин, значение pH 1,4, температура (83 ± 2) °C и продолжительность 0,5 часа), позволяющая извлекать на 57 % пектина больше по сравнению с традиционной технологией, и обеспечивающая сокращение временных и энергетических

затрат, а также методика определения режимных параметров извлечения трудногидролизуемой фракции протопектина из выжимок яблок, которая позволяет, задавшись необходимой прочностью студней пектина, определить режимные параметры ее извлечения, обеспечивающие для данного случая максимальный выход пектина и минимальные затраты на его получение.

Личный вклад соискателя. Диссертация является научным трудом, выполненным автором самостоятельно на основе изучения, анализа и обобщения теоретического материала, статистических данных и экспериментальных данных, полученных в ходе исследований. Автором подобраны методы и методики исследования; проведены экспериментальные исследования; выполнены обработка и анализ экспериментальных данных. Автор лично участвовал в подготовке публикаций.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты диссертационных исследований представлялись и обсуждались на научных и научно-практических конференциях, в том числе на Международных научно-технических конференциях «Техника и технология пищевых производств» (Могилев 2007 – 2015), Международных научных конференциях студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (Могилев 2006 – 2015), Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием «Пищевые технологии» (Казань, 9 – 10 апреля 2007), Международной научно-практической конференции «Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве» (Минск, 2008), Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития)» (Воронеж, 2009), Международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства» (Гродно, 2009), Научной конференции с международным участием «Хранительна наука, техника и технологии 2009» (Пловдив).

Опубликованность результатов диссертации. Количество авторских листов по теме диссертации составляет 2,5 авторских листа. Основное содержание работы изложено в 29 публикациях, в том числе: 6 статей в рецензируемых научных изданиях, 2 статьи в научных журналах в сборниках научных трудов, 2 статьи и 17 тезисов докладов в сборниках материалов конференций, 2 патента.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, списка использованных источников, 4 приложений. Объем диссертации составляет 160 страниц: объем, занимаемый иллюстрациями, таблицами – 28 страниц, приложениями – 1, в том числе 24 таблицы, 38 рисунков, 240 наименований использованных источников литературы, в том числе иностранных – 22.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведены сведения о современных представлениях о структуре молекулы пектина, о его свойствах и применении пектина в различных отраслях. Приведен анализ работ по способам подготовки растительного сырья к гидролизу и о способах гидролиза протопектина растительного сырья. Особое внимание уделено способам сушки растительного сырья и их влиянию на качество конечного продукта.

Проведенный анализ позволил выбрать и научно обосновать направление исследований, сформулировать цель и определить задачи.

Во второй главе описаны объекты и методы исследований. В работе объектами исследований являлись выжимки яблок, полученные на РПТУП «Пищевой комбинат «Веселово» после отжима сока; выжимки яблок, высушенные в атмосферных условиях под солнечными лучами; выжимки яблок, высушенные в сушилке «Swiss combi» на Борисовском консервном заводе; выжимки яблок, высушенные в лабораторных условиях в сушильном шкафу; выжимки яблок, высушенные на лабораторной установке в виброкипящем слое; выжимки яблок гранулированные и высушенные на лабораторной установке в виброкипящем слое; образцы пектина, полученные из выжимок яблок, высушенных различными способами; образцы пектина, полученные с помощью различных гидролизующих агентов в лабораторных условиях.

При выполнении диссертационной работы использовались общепринятые и специальные физические, химические, органолептические методы исследований. В частности, исследование содержания пектиновых веществ проводилось фотометрическим методом по реакции с карбазолом, исследование содержания общих сахаров определяли методом Бертрана, содержание целлюлозы и гемицеллюлоз определяли модифицированным методом Кюршнера и Хафера.

Физико-химические показатели пектина (содержание сухих веществ, содержание балластных веществ, содержание галактуроновой кислоты, степень метоксилирования и молекулярную массу) определяли общеизвестными методами. Студнеобразующую способность пектина определяли на разработанном приборе для определения прочности пектинового студня по методике, разработанной на кафедре технологии продукции общественного питания и мясопродуктов учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия» и утвержденной в установленном порядке.

ИК-спектры пектинов снимали на инфракрасном спектрометре Nicolet.

Определение структурно-механических характеристик образцов пектина проводили на приборе Вейлера-Ребиндера.

Кальций чувствительную способность пектина определяли на вискозиметре Brookfield DV-II+Pro.

Для постановки эксперимента применялись методы математического планирования, позволяющие существенно уменьшить число необходимых опытов и увеличить точность математической обработки результатов эксперимента.

За результаты измерений принимали среднеарифметические значения, которые определяли из 2 – 3 параллельных опытов при 3 – 5-кратном повторении измерений. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программного приложения Microsoft Excel и MathCAD for Windows XP. Оценку результатов экспериментальных исследований проводили с использованием методов расчета статистической достоверности результатов измерений на PC «Pentium-4» с помощью стандартных программ. Экспериментальные данные представлены полиномиальными, степенными и линейными трендами, описаны уравнениями с высокой степенью аппроксимации.

В третьей главе представлены экспериментальные данные по установлению оптимальных параметров подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина. Необходимость этих исследований связана с наличием большого количества разноречивых мнений о способах подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина, которые влияют на выход и качество получаемого пектина.

Приведен химический состав выжимок яблок после отжима сока и высушенных различными способами и установлена зависимость качества исходного сырья от способа сушки [8–А, 15–А, 16–А, 19–А]. Установлено, что исследованные сушеные выжимки яблок характеризуются достаточно высоким содержанием полисахаридов клеточных стенок (целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ), которое составляет 66,65 % – 68,91 % от общего содержания сухих веществ.

Поскольку из всех полисахаридов клеточных стенок наибольший интерес представляют пектиновые вещества, которые могут иметь различный фракционный состав и свойства, то в работе исследовали фракционный состав пектиновых веществ выжимок яблок в зависимости от способа их сушки.

Показано, что наибольшее количество пектиновых веществ сохраняется при сушке выжимок яблок в виброкипящем слое по сравнению с другими способами сушки. Однако процесс сушки происходит неравномерно из-за различных размеров выжимок яблок, что сказывается на показателях качества пектина. Поэтому в работе исследовано влияние формы и размеров на фракционный состав и качество пектина [24–А, 25–А].

Таблица 1 – Фракционный состав, выход и качество пектина из гранулированных и негранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое

Наименование показателей	Выжимки, высушенные в виброкипящем слое	
	негранулированные	гранулированные
Общее содержание пектиновых веществ, %	15,4±0,09	16,51±0,09
- растворимый пектин	2,02±0,06	2,37±0,07
- пектин, растворимый в щавелевокислом аммонии	3,15±0,17	3,35±0,18
- протопектин	10,23±0,04	10,79±0,04
Выход пектина, %	10,83±0,11	13,22±0,13
Прочность студней пектина, °ТБ	276±7	301±8
Молекулярная масса пектина, Да	40 836±82	45 017±90

Установлено (таблица 1), что содержание пектиновых веществ в каждой фракции в сушеных выжимках с предварительным гранулированием выше по сравнению с сушеными выжимками яблок без гранулирования. При этом общее содержание пектиновых веществ в высушенных выжимках яблок с предварительным гранулированием больше на 5,2 % по сравнению с общим содержанием пектиновых веществ в выжимках яблок без гранулирования. Выход пектина, полученного из сушеных гранулированных выжимок яблок, больше на 18,1 %, чем выход пектина, полученного из сушеных негранулированных выжимок. Прочность студней пектина, полученного из гранулированных выжимок яблок, на 8,3 % превышает прочность студней пектина, полученного из сушеных негранулированных выжимок. Молекулярная масса пектина, полученного из сушеных гранулированных выжимок яблок, на 9,3 % больше молекулярной массы пектина, полученного из сушеных негранулированных выжимок. Более высокий выход пектина и лучшие показатели его качества получены из гранулированных выжимок яблок. Это объясняется тем, что при сушке гранулированных выжимок, имеющих одинаковую форму, происходит равномерный прогрев всей массы выжимок и одновременное высушивание, что исключает перегрев отдельных частиц, а, следовательно, и деструкцию пектиновых веществ.

В связи с этим предварительное гранулирование выжимок яблок с последующей сушкой в виброкипящем слое были выбраны как наиболее оптимальные по сравнению с другими способами сушки.

Согласно всем известным технологиям подготовки сушеные выжимки яблок подвергают многократному промыванию в большом количестве воды. Исходя из литературных данных, были выбраны основные параметры процесса промывания, влияющие на качество пектина: температура промывания ((20 ± 2) °C, (35 ± 2) °C, (50 ± 2) °C), продолжительность промывания (20, 40, 60 минут), гидромодуль процесса промывания (1:10, 1:15, 1:20). Исследования проводились в соответствии с планом исследования, построенном на основе греко-латинского квадрата. В качестве выходных параметров были выбраны выход пектина, его чистота, молекулярная масса и прочность студней. Одновременно определяли эти же показатели для пектина, полученного в аналогичных условиях гидролиза, но без промывания [20—А, 22—А].

Установлено, что промывание гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, не приводит к увеличению выхода получаемого пектина и не способствует улучшению показателей качества пектина. Пектин, полученный в аналогичных условиях, но без предварительного промывания выжимок, характеризовался большим выходом и лучшими показателями качества по сравнению с пектином, полученным с предварительным промыванием выжимок яблок.

Сравнительный анализ ИК-спектров показал, что в пектине, полученном без предварительного промывания выжимок яблок, существенных отличий в структуре молекул по сравнению с пектином, полученным из выжимок с предварительным промыванием, не обнаружено. Следовательно, промывание

гранулированных выжимок, высушенных в виброкипящем слое, перед проведением гидролиза нецелесообразно.

Одновременно в работе было исследовано влияние обработки гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, паром [26-А, 27-А].

Таблица 2 – Влияние продолжительности пропаривания гранулированных выжимок яблок на выход и качество пектина

№ образца	Продолжительность пропаривания, мин	Выход пектина, %	Прочность студней пектина, °ГБ	Молекулярная масса пектина, Да
без предварительного промывания выжимок яблок				
1	-	7,17±0,07	271±7	44 039±88
2	5	7,14±0,07	269±7	43 694±87
3	10	7,70±0,08	272±7	43 901±88
4	15	7,96±0,08	259±6	42 217±84
5	20	8,34±0,08	219±5	36 539±73
с предварительным промыванием выжимок яблок				
1	-	7,08±0,07	265±6	43 967±87
2	5	7,51±0,08	280±7	44 343±88
3	10	7,94±0,08	291±8	44 854±89
4	15	8,12±0,08	285±7	44 804±89
5	20	8,62±0,09	231±6	40 221±80

Из представленных в таблице 2 данных следует, что пропаривание сухих выжимок яблок перед проведением гидролиза протопектина в течение 10 минут, способствует увеличению выхода пектина на 7 % – 10 % и прочности студней. При этом все исследованные показатели пектина (таблица 2), полученного из пропаренных промытых выжимок, имели более высокое значение, чем показатели пектина, полученного из пропаренных выжимок без предварительного промывания. Следовательно, выжимки перед проведением пропаривания необходимо гидротировать.

В четвертой главе представлены результаты исследования кинетики сушки выжимок яблок в виброкипящем слое. Приведена схема экспериментальной установки.

При выборе параметров, определяющих кинетику процесса, исходили из имеющихся данных исследования сушки выжимок в виброкипящем слое. В качестве независимых управляемых переменных приняты: температура воздуха, скорость воздуха, первоначальная удельная нагрузка продукта на газораспределительную решетку, а также размер частиц [2-А].

На основании обработки полученных данных был рассчитан коэффициент сушки выжимок в зависимости от управляемых переменных.

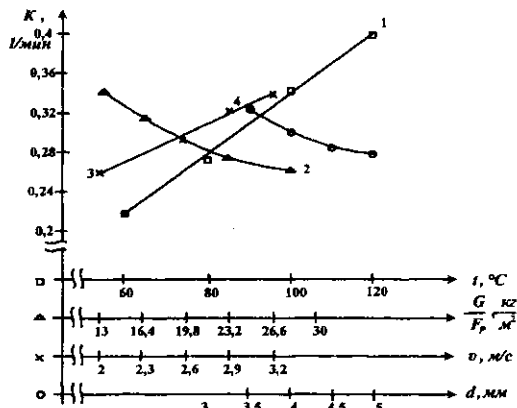
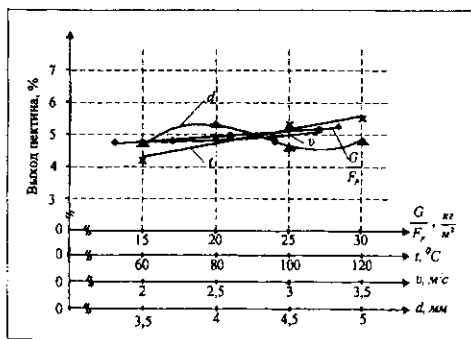


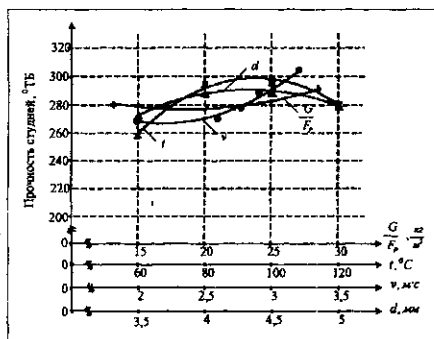
Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сушки выжимок яблок в виброкипящем слое от управляемых переменных

сушки растет медленнее, чем удельная нагрузка. Выявленная особенность свидетельствует о том, что для повышения удельной производительности по сухому продукту целесообразнее работать при максимальной удельной нагрузке. В предыдущих исследованиях эта величина равна 28,4 кг/м².

Одновременно в работе исследовали влияние параметров сушки выжимок яблок в виброкипящем слое на выход и прочность студней пектина [8–А].



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость выхода пектина (а) и прочности его студней (б) от независимых управляемых параметров процесса сушки выжимок яблок в виброкипящем слое

Анализ полученных зависимостей показывает, что наибольшее влияние на выход пектина в исследуемом диапазоне изменения управляемых переменных оказывает температура воздуха, в меньшей степени влияет скорость воздуха, размер частиц и первоначальная удельная нагрузка продукта на газораспределительную решетку.

Наибольшее влияние, как видно из рисунка 1, на коэффициент сушки в исследуемом диапазоне изменения параметров оказывает температура входящего воздуха t . В меньшей степени влияет удельная нагрузка $\frac{G}{F_p}$, скорость воздуха v и размер частиц d .

Увеличение нагрузки от 13,1 до 28,4 $\frac{кг}{м^2}$, т.е. в 2,2 раза приводит к уменьшению коэффициента сушки в 1,3 раза, т.е. имеет место зависимость, по которой продолжительность

Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирические уравнения, устанавливающие зависимость выхода пектина и прочности его студней от первоначальной удельной нагрузки продукта на газораспределительную решетку, температуры воздуха, скорости воздуха и размера частиц. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что для получения пектина высокого качества оптимальными параметрами сушки гранулированных выжимок яблок в виброкипящем слое являются: первоначальная удельная нагрузка продукта на газораспределительную решетку $28,4 \text{ кг/м}^2$; температура воздуха $90 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C}$; диаметр отверстий матрицы в шнековом грануляторе – 4 мм; начальная скорость воздуха 3 м/с.

Кроме того, в работе представлен способ определения оптимального режима сушки выжимок яблок в многозональном аппарате виброкипящего слоя, используемом в настоящее время в производстве [5–А].

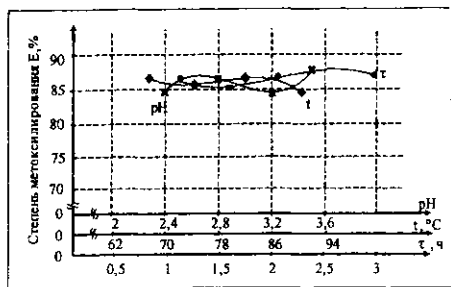
Сушилка непрерывного действия имеет четыре зоны, через которые последовательно проходит высушиваемый продукт. Выбор количества зон связан с предполагаемым использованием результатов исследования для модернизации выпускаемой четырехзональной сушилки А1-ОГК. На основании изучения конкурирующих свойств оптимизируемого объекта в качестве критерия оптимизации принята величина удельной производительности по сухому продукту с единицы площади газораспределительной решетки.

Значение целевой функции при заданном начальном и конечном влагосодержании продукта зависит от режимных параметров сушки в каждой из зон: от температуры сушильного агента на входе в зону $t_{\text{вх}}$, от скорости воздуха на псевдооживление v и от удельной нагрузки по сухому продукту. С помощью ЭВМ методом последовательного квадратичного программирования в качестве «оптимального» получены следующие режимные параметры процесса: 1 зона – температура сушильного агента $120 \text{ }^\circ\text{C}$, его скорость 2,7 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку $7,1 \text{ кг/м}^2$; 2 зона – температура сушильного агента $86 \text{ }^\circ\text{C}$, его скорость 2,3 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м^2 ; 3 зона – температура сушильного агента $77 \text{ }^\circ\text{C}$, его скорость 1,7 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м^2 ; 4 зона – температура сушильного агента $74 \text{ }^\circ\text{C}$, его скорость 1,1 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м^2 .

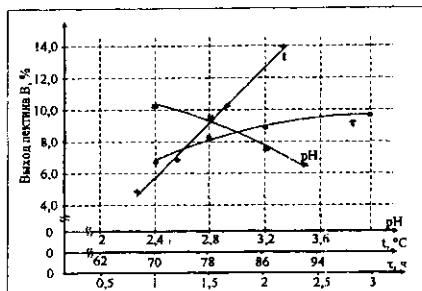
В результате проведенных исследований разработана технология подготовки выжимок яблок для производства из них пектина.

В пятой главе представлены результаты исследования постадийного гидролиза протопектина гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое.

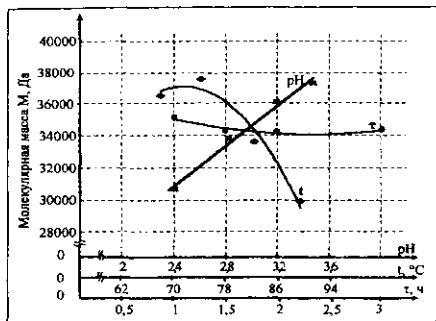
На первом этапе извлекали легкогидролизуемую фракцию пектина. Для определения параметров первичного гидролиза использовали математическое планирование эксперимента. Обработка полученных экспериментальных данных позволила получить зависимости основных показателей пектина от значения pH, температуры t и продолжительности процесса τ [1–А, 17–А].



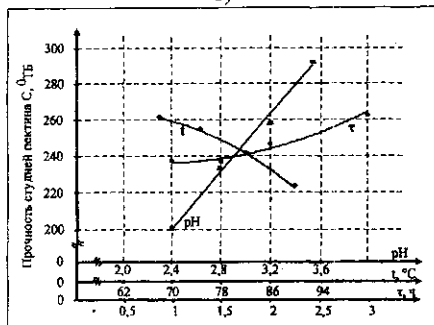
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3 – Зависимость степени метоксилирования, выхода, молекулярной массы и прочности студней пектина от независимых управляемых параметров первичного гидролиза протопектина из сушеных выжимок яблок

В результате проведенных исследований установлены взаимосвязь, характер и степень влияния параметров первичного гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок на выход пектина и его характеристики качества.

$$E(t, pH, \tau) = 1,359 \times 10^{-4} (-0,0023t^3 + 0,5334t^2 - 41,093t + 1137,5) \times (32,11pH^3 - 282,3pH^2 + 820pH - 700,8) \times (-2,753t^3 + 16,67t^2 - 30,52t + 102,8) \quad (1)$$

$$B(t, pH, \tau) = 1,41 \times 10^{-2} (0,44t - 25,11) \times (-1,34pH^2 + 4,30pH + 7,77) \times (-0,69t^2 + 4,17t + 3,38) \quad (2)$$

$$M(t, pH, \tau) = 8,54 \times 10^{-10} (-25,61t^2 + 3658,3t - 93392) \times (19408pH^{0,53}) \times (542,4t^2 - 2535t + 36943) \quad (3)$$

$$C(t, pH, \tau) = 1,67 \times 10^{-5} (6,29t^2 - 11,28t + 241,16) \times (81,49pH + 5,28) \times (-0,05t^2 + 6,04t + 81,88) \quad (4)$$

В результате обработки полученных уравнений определены оптимальные параметры получения легкогидролизуемой фракции пектина: значение pH гидролиза 3,5, температура гидролиза (76±2) °С и продолжительность процесса 2,5 часа. Выход пектина, полученного при этих условиях, составил 6,99 %, а сам пектин имел следующие характеристики: степень метоксилирования – 89,60 %, молекулярная масса – 40 141 Да, прочность студней – 309 °ГБ.

Исходя из того, что содержание пектиновых веществ в выжимках яблок, высушенных в вибрирующем слое, составило 25,30 % (на абсолютно сухое веще-

ство), а выход пектина при проведении гидролиза по вышеуказанному плану составил 6,99 %, то для извлечения остального пектина необходимо было провести вторичный гидролиз выжимок яблок, но уже в более жестких условиях для извлечения трудногидролизуемого пектина.

Для определения параметров вторичного гидролиза использовали математическое планирование эксперимента. Обработка полученных экспериментальных данных позволила получить зависимости основных показателей пектина от значений pH, температуры реакционной смеси, продолжительности процесса гидролиза и времени обработки выжимок паром [3–А, 18–А].

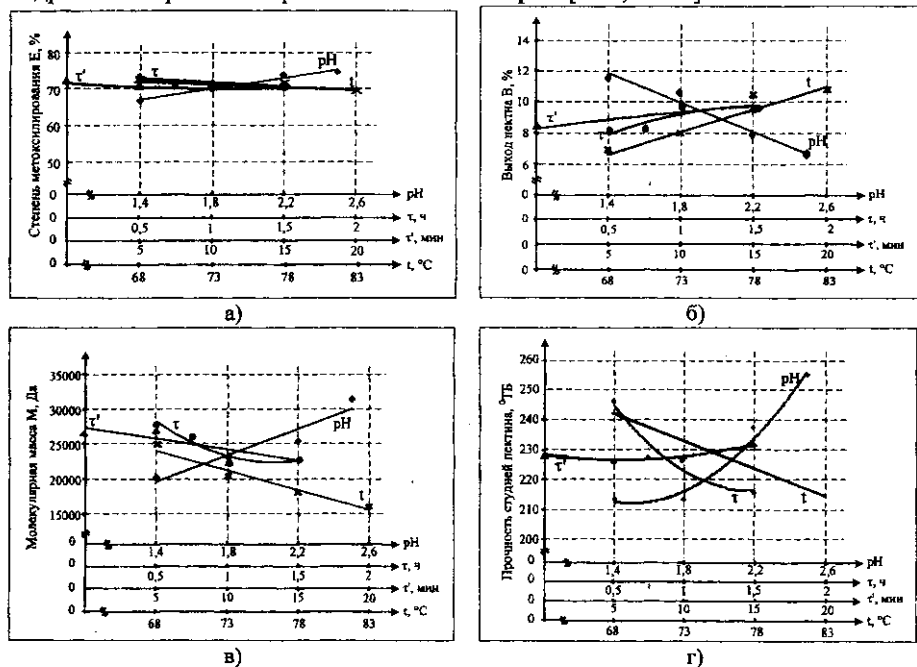


Рисунок 4 – Зависимость степени метоксилирования, выхода, молекулярной массы и прочности студней пектина от параметров вторичного гидролиза протопектина из сушеных выжимок яблок

В результате проведенных исследований установлены взаимосвязь, характер и степень влияния параметров вторичного гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок на выход пектина и его характеристики качества.

$$E = 1,972 \cdot 10^{-4} (-0,159t + 83,25) \times (7,271pH + 56,889) \times (-2,085\tau + 73,143), \quad (5)$$

$$B(t, pH, \tau, \tau') = 1,38 \times 10^{-3} \times (0,29t - 12,7) \times (-4,72pH + 18,47) \times (-1,57\tau^2 + 4,98\tau + 5,89) \times (0,13\tau' + 8,17) \quad (6)$$

$$M(t, pH, \tau, \tau') = 6,61 \times 10^{-14} (-553,2t + 66723) \times (9528pH + 6263) \times (8694\tau^2 - 22913\tau + 37510) \times (-306,5\tau' + 27146) \quad (7)$$

$$C(t, pH, \tau, \tau') = 8,41 \times 10^{-8} (-1,86t + 369,1) \times (44,42pH^2 - 133,5pH + 311,7) \times (31,37\tau^2 - 90,29\tau + 281,6) \times (0,06\tau'^2 - 0,66\tau' + 228,2) \quad (8)$$

При обработке полученных уравнений определены оптимальные параметры получения трудногидролизуемой фракции пектина: значение pH гидролиза 1,4, температура гидролиза (83 ± 2) °C и продолжительность процесса 0,5 часа, продолжительность обработки выжимок паром 10 мин. Выход пектина, полученного при этих условиях составил 15,04 %, а сам пектин имел следующие характеристики: степень метоксилирования – 62,84 %, молекулярная масса – 17 160 Да, прочность студней – 216 °ТБ. Результаты были получены в пределах погрешности 5 % – 7 % в исследуемом диапазоне изменения параметров процесса.

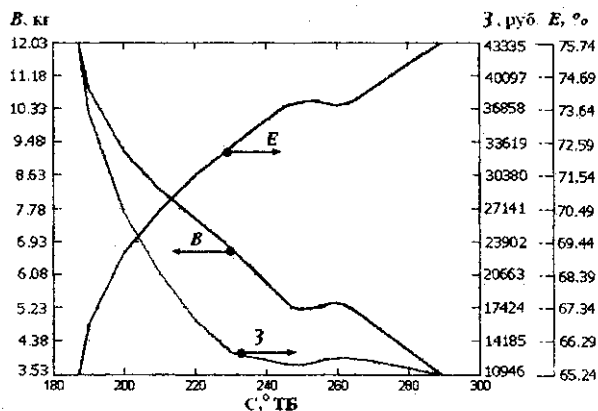
Полученные уравнения (1) – (8) позволяют рассчитать основные показатели пектина с погрешностью 5 % – 7 % в исследуемом диапазоне изменения параметров процесса гидролиза протопектина.

Поскольку прочность студней пектина, получаемого при извлечении трудногидролизуемой фракции, практически во всем диапазоне изменения технологических параметров превышала прочность студней пектина 1 сорта, равную 200 °ТБ (ГОСТ 29186–91), представлялось целесообразным разработать методику определения режимных параметров гидролиза, обеспечивающих получение максимального выхода продукта при обеспечении необходимой прочности студней пектина и минимизацию затрат на проведение процесса гидролиза протопектина. Полученные эмпирические уравнения (5) – (8) использовались для дальнейшей оптимизации вторичного гидролиза протопектина выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое [4–А].

Таблица 3 – Оптимальные режимные параметры и выходные характеристики вторичного гидролиза протопектина выжимок яблок

№	Температура гидролиза	Продолжительность гидролиза	Значение pH реакционной смеси	Выход пектина	Затраты на проведение гидролиза	Прочность студней пектина	Степень метоксилирования пектина
	$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	pH	$B, \text{кг}$	$З, \text{руб.}$	$C, ^\circ\text{ТБ}$	$E, \%$
1	83	1,4	1,51	12,04±0,12	43335,13	187±5	65,24±0,65
2	83	1,5	1,73	10,86±0,11	36520,60	190±5	66,77±0,67
3	83	1,5	2,06	9,25±0,09	26723,60	200±5	69,03±0,69
4	83	1,5	2,25	8,28±0,08	20826,35	210±5	70,39±0,70
5	83	1,5	2,40	7,52±0,08	16173,94	220±5	71,46±0,72
6	82	1,5	2,50	6,78±0,07	13065,33	230±6	72,37±0,72
7	77	1,5	2,50	5,86±0,06	12336,09	240±6	73,20±0,73
8	71	1,5	2,50	4,94±0,05	11606,99	250±6	74,03±0,74
9	81	0,5	2,50	5,47±0,05	12843,73	260±6	73,46±0,74
10	77	0,5	2,50	4,81±0,05	12196,85	270±7	74,21±0,74
11	72	0,5	2,50	4,15±0,04	11549,98	280±7	74,96±0,75
12	68	0,5	2,50	3,53±0,04	10946,28	289±7	75,66±0,76

По результатам оптимизации вторичного гидролиза протопектина выжимок яблок построена номограмма, приведенная на рисунке 5.



- В – выход пектина, кг
- З – затраты на проведение гидролиза, руб.
- С – прочность студней пектина, °ТБ
- Е – степень метоксилирования пектина, %

Задавшись необходимой прочностью студней пектина в зависимости от требований технологии, с помощью номограммы и таблицы 3 можно определить режимные параметры вторичного гидролиза протопектина выжимок яблок, обеспечивающие для данного случая максимальный выход пектина и минимальные затраты на его получение.

Рисунок 5 – Номограмма для определения выхода, степени метоксилирования и затрат в зависимости от требуемой прочности студней пектина

В результате проведенных исследований разработана научно обоснованная технология подготовки выжимок яблок и производства из них пектина.

Разработанная технология получения пектина из гранулированных выжимок яблок (рисунок 6), высушенных в виброкипящем слое, позволяет обеспечить максимальное извлечение пектина и получить два вида пектина, отвечающих требованиям к качеству, предъявляемым ГОСТ 29186-91. Причем на первой стадии гидролиза извлекается высокометоксилированный пектин, способный образовывать прочные студни при содержании сахара 65 %, а на второй стадии – среднеметоксилированный пектин, который образует студни в присутствии ионов кальция и с меньшим содержанием сахара.

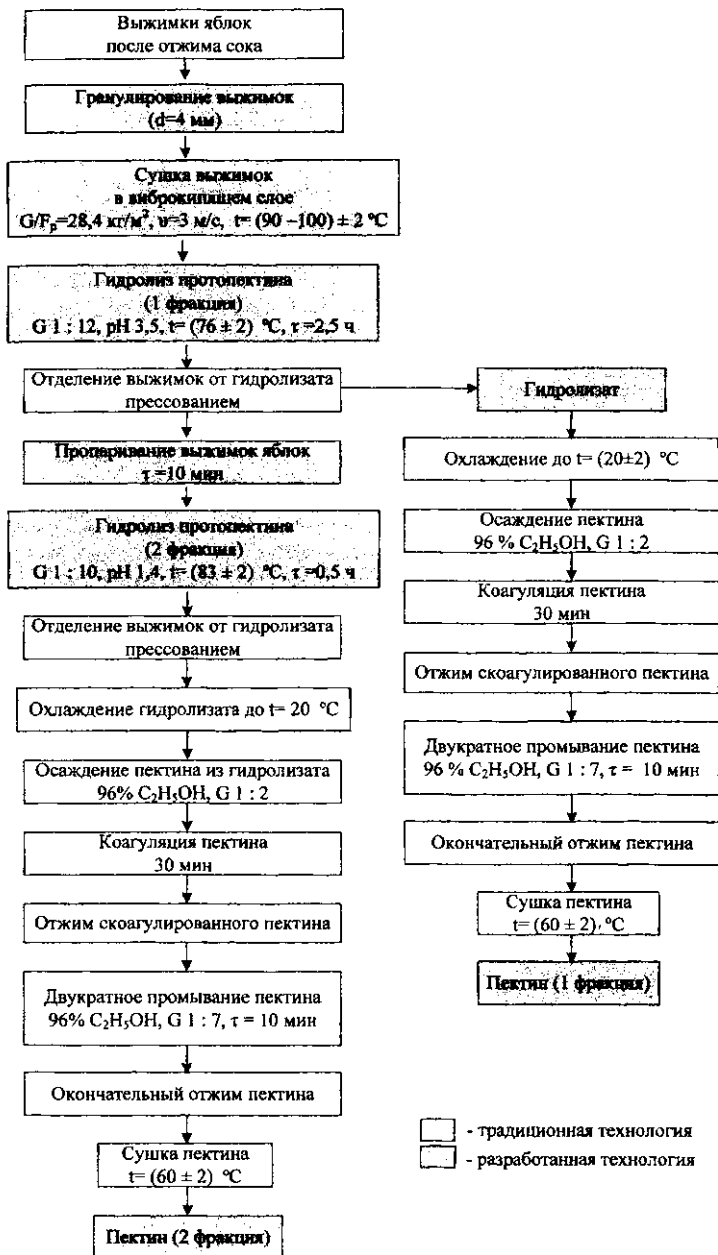


Рисунок 6 - Технологическая схема получения пектина из гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое

Следующим этапом исследований было определение влияния добавления ионов кальция при варке студней из пектина, полученного во второй стадии гидролиза. Для этого была сварена серия студней из пектина с добавлением различного количества смеси раствора 2:1. Кроме того, на 50 % было уменьшено количество сахара при варке студня, по сравнению с варкой студней из высокометоксилированного пектина. Результаты исследования представлены на рисунке 7.

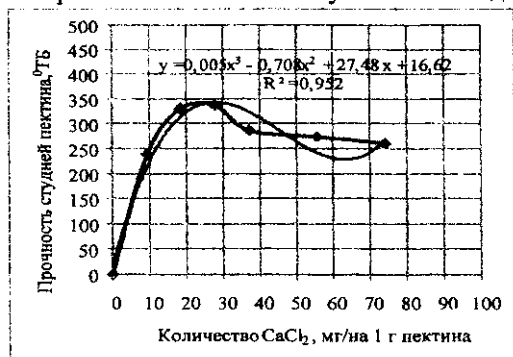


Рисунок 7 – Прочность студней пектина в зависимости от количества ионов кальция

Из данных, представленных на рисунке 7, видно, что без добавления ионов кальция студни не желируют, а при добавлении ионов кальция прочность студней увеличивается до 345 °ТБ. Максимальное значение прочности (345 °ТБ) имеет студень, сваренный при добавлении 18–27 мг CaCl₂. При дальнейшем увеличении количества кальция прочность студней пектина снижается.

При варке студней из пектинов первой и второй фракции были замечены различия в механизме и скорости студнеобразования, что имеет очень важное значение при использовании пектина. В связи с этим далее были проведены исследования по определению реологических характеристик студней.

Определение степеней эластичности (Э, %), упругости (У, %), пластичности (П, %) исследуемых образцов пектинов первой и второй фракции проводили на приборе Вейлера-Рейндера путем определения деформации, нарастающей пропорционально продолжительности действия постоянного напряжения (P=const), и после снятия нагрузки (P=0). По кривым кинетики деформации определены степень эластичности, степень упругости и степень пластичности. Из полученных данных следует, что образцы пектина имеют значительные отличия. Пектин первой фракции образует студень, обладающий упругостью, превышающей на 13,3 % упругость студня из пектина второй фракции. При этом эластичность студня из пектина первой фракции меньше на 10,3 % эластичности студня из пектина второй фракции. Пластичность студня пектина первой фракции на 8,3 % меньше пластичности студня второй фракции.

Чтобы определить влияние двухстадийного способа гидролиза протопектина на молекулу пектина, нами были исследованы ИК-спектры образцов пектина, полученных по разработанной и по традиционной технологиям, представленные на рисунке 8.

Из данных, представленных на рисунке 8 видно, что в ИК-спектрах всех образцов пектина в области 1750 – 920 см⁻¹ (область «отпечатков пальцев») наблюдаются полосы, характерные для пектиновых веществ.

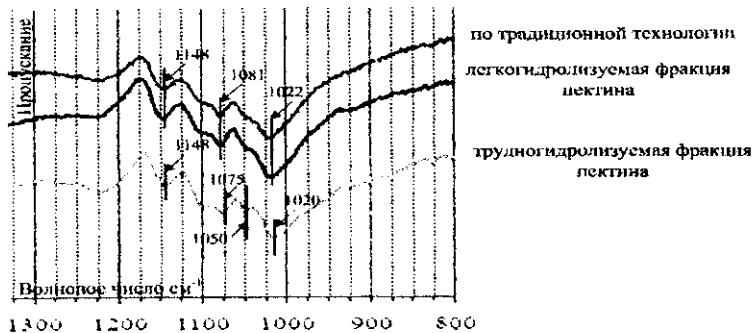


Рисунок 8 – ИК-спектры анализируемых образцов пектина

Из данных, представленных на рисунке 8 видно, что в ИК-спектрах всех образцов пектина в области $1300 - 900 \text{ см}^{-1}$ наблюдаются полосы, характерные для ПВ. Так, во всех случаях обнаруживаются полосы, соответствующие валентным колебаниям сложноэфирных карбониллов $\nu(\text{C}=\text{O})_{\text{Э}} = 1740 \text{ см}^{-1}$, внутренним деформационным колебаниям метильной группы $\delta_{\text{ас}}(\text{CH}_3)$ и при 1447, а также маятниковым колебаниям метила $\rho(\text{CH}_3)_{\text{Э}} = 923 \text{ см}^{-1}$. Кроме них характерными для ПВ являются полосы валентных колебаний эфирной связи $\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$ с частотами 1232 и 1145 см^{-1} . На участке спектров $1000 - 1200 \text{ см}^{-1}$ обнаруживается группа интенсивных полос, характерная для полисахаридов и соответствующая колебаниям пиранозных колец пектиновых молекул. Как видно из данных ИК-спектров всех образцов пектина, представленных на рисунке 8, существенных изменений в спектрах, которые свидетельствовали бы об изменении в структуре полученного пектина, не обнаружено. Однако на ИК-спектрах пектина трудногидролизуемой фракции появляется дополнительная полоса с частотой 1050 см^{-1} , характерная для колебаний пиранозного кольца.

Разработанная технологии получения пектина успешно прошла опытно – промышленную проверку в производственных условиях на Мстиславском филиале ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» в цехе по производству плодово-ягодного вина. Физико-химические показатели качества образцов пектина, полученных в производственных условиях, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества образцов пектина, полученных в производственных условиях

Физико-химические показатели качества пектина	Образец пектина, полученный	
	на первой стадии гидролиза	на второй стадии гидролиза
- Выход пектина, %	7,3	15,6
- Степень метоксилирования, %	87,6	64,1
- Содержание балластных веществ, %	8,8	4,49
- Молекулярная масса, Да	39 459	17 011
- Прочность студней, °ТБ	301	209

В результате проведенных промышленных испытаний комиссия установила, что по органолептическим и физико-химическим показателям полученные образцы пектина соответствуют требованиям, установленным ГОСТ (Пектин. Технические условия ГОСТ 29186-91. Москва).

Новизна технического решения способа получения пектина защищена патентами № 12767 «Способ получения фракций пектина из выжимок яблочных сушеных» и № 14708 «Способ получения фракций пектина из выжимок яблочных сушеных» [28-А, 29-А].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

– Определено влияние способов подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина на выход и показатели качества пектина, установлены оптимальные параметры подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина, позволившие разработать технологию подготовки выжимок яблок, а именно гранулирование выжимок, сушку их в виброкипящем слое, пропаривание выжимок, позволяющую исключить такую стадию подготовки выжимок яблок, как промывание [2-А, 6-А, 8-А, 15-А, 16-А, 19-А, 20-А, 21-А, 22-А, 23-А, 24-А, 25-А, 26-А, 27-А].

– Получено уравнение для определения коэффициента сушки выжимок яблок в виброкипящем слое, зависящего от режимных параметров процесса и позволяющего найти как скорость сушки, так и ее продолжительность [2-А].

– Получены эмпирические зависимости, позволяющие определить оптимальные параметры сушки яблочных выжимок в виброкипящем слое [2-А, 6-А, 8-А].

– Установлены оптимальные параметры процесса сушки гранулированных выжимок яблок в проточном многозональном аппарате виброкипящего слоя (1 зона – температура сушильного агента (120 ± 2) °С, его скорость 2,7 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 7,1 кг/м²; 2 зона – температура сушильного агента (86 ± 2) °С, его скорость 2,3 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м²; 3 зона – температура сушильного агента (77 ± 2) °С, его скорость 1,7 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м²; 4 зона – температура сушильного агента (74 ± 2) °С, его скорость 1,1 м/с, удельная нагрузка на газораспределительную решетку 10 кг/м²), обеспечивающие сохранность пектина с высокими показателями качества [5-А].

– Определены параметры извлечения легкогидролизуемой фракции протопектина из гранулированных сушеных выжимок яблок: величина рН 3,5, температура (76 ± 2) °С и продолжительность 2,5 часа, обеспечивающие получение пектина со степенью метоксилирования – 89,60 %, молекулярной массой – 40 141 Да, прочностью студней – 309 °ТБ и выходом пектина – 6,99 %, что обеспечивает получение высокометоксилированного пектина с прочностью студней, превышающей на 35 % прочность студней 1-го класса,

предусмотренную ГОСТ 29186-91, что позволяет уменьшить закладку пектина в рецептуры [1-А, 10-А, 17-А].

– Определены параметры извлечения трудногидролизуемой фракции протопектина из сушеных выжимок яблок: продолжительность обработки выжимок паром 10 минут, значение рН 1,4, температура (83±2) °С и продолжительность 0,5 часа, обеспечивающие получение пектина со степенью метоксилирования – 62,84 %, молекулярной массой – 17 160 Да, прочностью студней – 216 °ТБ и выходом – 15,04 %, что обеспечивает получение среднеметоксилированного пектина, обладающего чувствительностью к ионам кальция, с выходом, превышающим на 49 % выход пектина, получаемого по традиционной технологии [3-А, 18-А, 26-А, 27-А].

– Разработана методика определения режимных параметров извлечения трудногидролизуемой фракции протопектина из выжимок яблок, которая позволяет, задавшись необходимой прочностью студней пектина, определить режимные параметры ее извлечения, обеспечивающие для данного случая максимальный выход пектина и минимальные затраты на его получение [4-А].

– Разработана технология производства двухстадийного последовательного гидролиза протопектина с промежуточным пропариванием из гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое (первая стадия гидролиза – значение рН 3,5, температура (76±2) °С и продолжительность 2,5 часа, вторая стадия гидролиза – продолжительность обработки выжимок паром 10 мин, значение рН 1,4, температура (83±2) °С и продолжительность 0,5 часа), позволяющая извлечь на 57 % пектина больше по сравнению с традиционной технологией и обеспечивающая сокращение временных и энергетических затрат за счет исключения стадии промывания сушеных выжимок яблок, организации первой стадии гидролиза протопектина на воде и сокращения времени гидролиза. Кроме того, пектин, полученный по разработанной технологии, характеризуется прочностью студней, превышающей на 35 % – 42 % прочность студней, указанную для 1 сорта пектина (ГОСТ 29186-91), что затем позволит уменьшить закладку пектина в рецептуры [2-А, 4-А, 26-А, 27-А, 28-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанная технология подготовки выжимок яблок и производства из них пектина может быть рекомендована для предприятий перерабатывающей промышленности, что будет способствовать:

- а) утилизации отходов от переработки яблок;
- б) организации производства пектина;
- в) обеспечению предприятий пищевой промышленности и населения РБ пектином отечественного производства;
- г) организации производства среднеметоксилированного пектина без дополнительного оборудования и затрат;
- д) решению проблемы импортозамещения.

Разработана методика для определения режимных параметров извлечения трудногидролизуемой фракции протопектина, которая позволяет, задавшись

необходимой прочностью студней пектина, определить для данного случая максимальный выход пектина и минимальные затраты на его получение.

Разработанная технологии получения пектина успешно прошла опытно-промышленную апробацию на Мстиславском филиале ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай» в цехе по производству плодово-ягодного вина, и может быть рекомендована для использования на предприятиях, перерабатывающих яблоки на сок.

В образовательный процесс внедрена «Методика выделения фракций пектиновых веществ и характеристика их свойств» (дисциплина «Теоретические основы технологии производства продукции общественного питания» для студентов специальности 1-91 01 01 «Производство продукции и организация общественного питания»).

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи

- 1–А Василенко, З. В. Исследование влияния условий процесса гидролиза-экстрагирования протопектина сушеных выжимок яблок на качество получаемого пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Азарова // Вестник МГУП. – 2008. – № 2(5). – С. 24 – 29.
- 2–А Василенко З. В. Исследование процесса сушки яблочных выжимок в виброкипящем слое / З. В. Василенко, В. И. Никулин, А. И. Соловьев, Л. В. Азарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 5. – С. 10 – 12.
- 3–А Василенко, З. В. Влияние условий повторного гидролиза яблочных выжимок на выход качества получаемого пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, М. М. Кожевников, Г. Н. Роганов // Вестник МГУП. – 2009. – № 1(6). – С. 38 – 43.
- 4–А Василенко, З. В. Выбор режимных параметров двухстадийного способа гидролиза выжимок яблок / З. В. Василенко, В. И. Никулин, М. М. Кожевников, Л. В. Лазовикова // Вестник МГУП. – 2010. – № 1(8). – С. 3 – 8.
- 5–А Василенко, З. В. Оптимизация процесса сушки яблочных выжимок многозональным аппарате виброкипящего слоя / З. В. Василенко, В. И. Никулин, М. М. Кожевников, Л. В. Лазовикова, Л. А. Лоборева, И. В. Матюлин // Вестник МГУП научно-методический журнал. – 2013. – № 1(14). – С. 3 – 8.
- 6–А Василенко, З. В. Влияние параметров сушки яблочных выжимок в виброкипящем слое на выход и студнеобразующую способность пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, А. И. Соловьев, Л. В. Лазовикова // Рецензируемый научно-технический журнал «Пищевая промышленность: наука и технологии» / РУП научно-практ. центр НАН Беларуси по продов., №1 (7) 2010. – С. 33 – 37.
- 7–А Василенко, З. В. Исследование студнеобразующей способности и вязкости пектина из выжимок яблочных, высушенных в условиях виброкипящего слоя / З. В. Василенко, В. В. Редько, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Научна конференция с международно участие «Хранителна наука, техника и технологии 2009» SCIENTIFIC CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION 'FOOD SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGIES 2009': НАУЧНИ ТРУДОВЕ, Том LVI, Свиськ 1 TRA VAUX SCIENTIFIQUES Volume LVI, Issue 1/Университет по Хранителни Технологии – Пловдив. – Пловдив: Академично издателство на УХТ-Пловдив UFT Academic Publishing House, Plovdiv, 2009. – 667 с.(С. 479 – 484).

- 8–А Василенко, З. В. Исследование химического состава яблочных выжимок, высушенных различными способами / З. В. Василенко, В. И. Никулин, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Л. Филонов. – Минск: 2008. – Вып. 12. – С. 50 – 53.

Материалы конференций

- 9–А Василенко, З. В. Экспресс-контроль качества сырья при производстве пектина / З. В. Василенко, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Международной научно-практической конференции/ Белорусский государственный аграрный технический ун-т. – Минск, 2008. – Ч. 2. – С. 139 – 142.
- 10–А Василенко, З. В. Влияние режимных параметров процесса гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок на студнеобразующую способность пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития) [Текст]: материалы III Междунар. науч.-технич. конф. В 3 т. Т.1 / Воронеж. Гос. Технол. Акад. Воронеж, 2009. – С. 360 – 365.

Тезисы докладов

- 11–А Василенко, З. В. Определение содержания спиртоосаждаемого пектина в выжимках яблочных сушеных / В. А. Седакова, Л. В. Азарова, З. В. Василенко // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. V науч. конф. студентов и аспирантов, Могилев, 26-27 апреля 2006 г. Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. – Минск, 2006. – С. 153.
- 12–А Василенко, З. В. Исследование возможности полного гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок / З. В. Василенко, Т. И. Пискун, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Техника и технология пищевых производств тез. докл. VI Международной научно-технической конференции, 22-23 мая 2007 г, Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. Могилев, 2007. – С. 145.
- 13–А Василенко, З. В. Определение студнеобразующей способности пектинового гидролизата / З. В. Василенко, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Материалы VIII Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием «Пищевые технологии», 9-10 апреля 2007 г. Казань / Казанский государственный технологический университет. – Казань, 2007. – С.344.
- 14–А Василенко, З. В. Студнеобразующая способность пектинового гидролизата / З. В. Василенко, Т. И. Пискун, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Тезисы доклада к VI Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 22-23 мая 2007 г. Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. Могилев, 2007. – С. 156.
- 15–А Василенко, З. В. Исследование качества яблочных выжимок, высушенных различными способами / З. В. Василенко, В. И. Никулин, В. А. Седакова, Л. В. Азарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VI научной конференции студентов и аспирантов 24-25 апреля 2008 г., Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилев, 2008. – С. 186 – 187.

- 16–А Василенко, З. В. Исследование фракционного состава пектиновых веществ выжимок яблок, высушенных различными способами / З. В. Василенко, В. И. Никулин, А. И. Соловьев, Л. В. Азарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VI научной конференции студентов и аспирантов 24-25 апреля 2008 г., Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. – Могилев, 2008. – С. 185.
- 17–А Василенко, З. В. Влияние условий первичного гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок на выход пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к VII-й Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 21-22 мая 2009 г, Могилев / Могилевский государственный университет продовольствия. Могилев, 2009. – С. 200.
- 18–А Василенко, З. В. Влияние режимных параметров вторичного гидролиза протопектина сушеных выжимок яблок на выход пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к VII-й Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 21-22 мая 2009 г, Могилев / УО «МГУП». Могилев, 2009. – С. 202.
- 19–А Василенко, З. В. Влияние способа сушки на фракционный состав пектиновых веществ яблочных выжимок / З. В. Василенко, Л. В. Лазовикова // Материалы конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства». XII Международная научно-практическая конференция. – Гродно, 2009. – Издательско-полиграфический отдел «ГТАУ» – С. – 462.
- 20–А Василенко, З. В. Влияние условий промывания сушеных выжимок яблок на выход пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, Э. М. Омарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Международной научно-технической конференции 27-28 апреля 2011 г., Могилев / УО «МГУП»; редкол.: А. В.Акулич (отв.ред.) [и др.]. – Могилев: УО «МГУП», 2011. – Ч. 1. – С. 188.
- 21–А Василенко, З. В. Влияние условий промывания сушеных выжимок яблок на студнеобразующую способность пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, Э. М. Омарова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов VIII Международной научно-технической конференции 27-28 апреля 2011 г., Могилев / УО «МГУП»; редкол.: А. В.Акулич (отв.ред.) [и др.]. – Могилев: УО «МГУП», 2011. – Ч. 1. – С. 189.
- 22–А Василенко, З. В. Влияние продолжительности хранения выжимок яблок, высушенных различными способами, на выход пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, Э. М. Омарова // Тезисы доклада к IX-й Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 25-26 апреля 2013 г. / УО «МГУП»; редкол.: А.В. Акулич (отв. ред) [и др.]– Могилёв, 2013. Ч. 1.– С. 151.
- 23–А Василенко, З. В. Влияние продолжительности хранения выжимок яблок, высушенных различными способами, на студнеобразующую способность пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, Э. М. Омарова // Тезисы доклада к IX-й Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 25-26 апреля 2013 г / УО «МГУП»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред) [и др.]– Могилёв, 2013. Ч. 1. – С. 151.

- 24–А Василенко, З. В. Влияние гранулирования на выход и качество пектина из сушеных выжимок яблок / О. В. Колеко, З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к IX-й Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 24-25 апреля 2014 г. в 2 ч. / Мог. гос. ун-т прод.; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, УО «МГУП», 2014. – Ч. 1. – С. 183.
- 25–А Василенко, З. В. Влияние гранулирования на фракционный состав пектина сушеных выжимок яблок / О. В. Колеко, З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к IX-й Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 24-25 апреля 2014 г. в 2 ч. / Мог. гос. ун-т прод.; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: УО «МГУП», 2014. – Ч. 1. – С. 184.
- 26–А Василенко, З. В. Влияние продолжительности пропаривания выжимок яблок на выход пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к X-й Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 23-24 апреля 2015г. Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2015. – С. 131.
- 27–А Василенко, З. В. Влияние продолжительности пропаривания выжимок яблок на прочность студней пектина / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова // Тезисы доклада к X-й Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 23-24 апреля 2015г. Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2015. – С. 132.

Патенты

- 28–А Способ получения фракций пектина из выжимок яблочных сушеных: Патент РБ 12767 МПК А 23L 1/05, С 08В 37/00 / З. В. Василенко, В. И. Никулин, В. А. Седакова, Л. В. Азарова; заявл. 09.06.2008; опубл. 30.12.2008.
- 29–А Способ получения фракций пектина из выжимок яблочных сушеных: Патент РБ 14708 МПК А 23L 1/0524, С 08В 37/06 / З. В. Василенко, В. И. Никулин, Л. В. Лазовикова, В. В. Лапковская; заявл. 05.02.2010; опубл. 30.10.2010.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1*О научно-технической программе Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» [Электронный ресурс]: Официальный сайт Постоянного Комитета Союзного государства. – Режим доступа: <http://www.postkomsg.com/documentation/139/197878/>. – Дата доступа: 23.02.2015.

2*http://belstat.gov.by/kscms/uploads/image/GU_torg/External/06/2015/tt100i02.pdf – Дата доступа: 15.09.2015.

РЭЗЮМЕ

Лазовікова Любоў Уладзіміраўна

ТЭХНАЛОГІЯ ПАДРЫХОЎКІ ЖАМЕРЫН ЯБЛЫК І ВЫТВОРЧАСЦІ З ІХ ПЕКЦІНА

Ключавыя словы: пекцін яблычны, жамерыны яблык, грануляванне, прапарванне, сушка ў вібраклячым пласце, фізіка-хімічныя ўласцівасці, паказчыкі якасці, рэжымныя параметры.

У цяперашні час пекцін імпартаецца з краін СНД і ЕС, нягледзячы на наяўнасць велізарнай сыравіннай базы, якая дазваляе арганізаваць вытворчасць пекціну з мясцовай сыравіны на тэрыторыі РБ. Тэхналогіі атрымання пекціну, распрацаваныя ў СНД, шмататэрацыйныя, працаёмкія, супярэчлівыя і энергаёмкія, а якія прымяняюцца на замежных прадпрыемствах з'яўляюцца «ноу-хау». Акрамя таго, вядомыя тэхналогіі падрыхтоўкі жамерын яблыкаў да гідролізу досыць супярэчлівыя і не забяспечваюць высокага выхаду пекціну. На тэрыторыі РБ адсутнічае тэхналогія вытворчасці пекціну, якая дазволіла б цалкам здабываць пекцін з выжымок яблыкаў, хоць і існуе для гэтага велізарная сыравінная база. У сувязі з гэтым распрацоўка тэхналогіі вытворчасці пекціну з айчыннай сыравіны з'яўляецца вельмі актуальнай праблемай.

Мэта работы – распрацоўка навукова абгрунтаванай тэхналогіі падрыхтоўкі жамерын яблык і вытворчасці з іх пекціну.

Аб'ектамі даследаванняў з'яўляліся жамерыны яблык, атрыманыя на РВГУП «Харчовы камбінат «Весялова» пасля адціску соку і высушаныя рознымі спосабамі, ўзоры пекціну, атрыманыя з жамерын яблык, высушаных рознымі спосабамі.

Вызначын ўплыў спосабаў падрыхтоўкі жамерын яблык да гідролізу протапекціне на выхад і паказчыкі якасці пекціну, якія дазволілі распрацаваць тэхналогію падрыхтоўкі жамерын яблык, менавіта грануляванне жамерын, сушку іх у вібраклячым пласце, прапарванне.

Атрыманы эмпірычныя залежнасці, якія дазваляюць ацаніць уплыў параметраў сушкі яблычных жамерын ў вібраклячым пласце на асноўныя паказчыкі атрыманага з іх пекціну: выхад і студнеўтваральную здольнасць.

Распрацавана тэхналогія вытворчасці двухстадыйнага паслядоўнага гідролізу протапекціну з прамежковым прапарваннем з грануляваных жамерын яблык, высушаных у вібраклячым пласце, якая дазваляе атрымаць да 87 % пекціну ад агульнага яго зместу у жамерынах, што на 57 % пекціну больш у параўнанні з традыцыйнай тэхналогіяй, і якая забяспечвае скарачэнне часовых і энергетычных выдаткаў. Распрацаваная тэхналогія вытворчасці пекціну дазволіла атрымаць два тыпу пекціну - высока- і сярэднеметаксіліраваны.

Распрацавана метадыка вызначэння рэжымных параметраў здабывання цяжкагідралізаванай фракцыі протапекціна з жамерын яблык, якая дазваляе, задаўшыся неабходнай трываласцю студня пекціну, вызначыць рэжымныя параметры яго здабывання, якія забяспечваюць для дадзенага выпадку максімальны выхад пекціну і мінімальныя выдаткі на яго атрыманне.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ВЫЖИМОК ЯБЛОК
И ПРОИЗВОДСТВА ИЗ НИХ ПЕКТИНА**

Ключевые слова: пектин яблочный, выжимки яблок, гранулирование, пропаривание, сушка в виброкипящем слое, физико-химические свойства, показатели качества, режимные параметры

В настоящее время пектин импортируется из стран СНГ и ЕС, несмотря на наличие огромной сырьевой базы, позволяющей организовать производство пектина из местного сырья на территории РБ. Технологии получения пектина, разработанные в СНГ, многооперационные, трудоемкие, разноречивые и энергоемкие, а применяемые на иностранных предприятиях являются «ноу-хау». Кроме того, известные технологии подготовки выжимок яблок к гидролизу достаточно разноречивы и не обеспечивают высокого выхода пектина. На территории РБ отсутствует технология производства пектина, которая позволила бы полностью извлекать пектин из выжимок яблок, хотя и существует для этого огромная сырьевая база. В связи с этим разработка технологии производства пектина из отечественного сырья является весьма актуальной проблемой.

Цель работы – разработка научно обоснованной технологии подготовки выжимок яблок и производства из них пектина.

Объектами исследований являлись выжимки яблок, полученные на РПТУП «Пищевой комбинат «Веселово» после отжима сока и высушенные различными способами, образцы пектина, полученные из выжимок яблок, высушенных различными способами.

Определено влияние способов подготовки выжимок яблок к гидролизу протопектина на выход и показатели качества пектина, позволившие разработать технологию подготовки выжимок яблок, а именно гранулирование выжимок, сушку их в виброкипящем слое, пропаривание.

Получены эмпирические зависимости, позволяющие оценить влияние параметров сушки яблочных выжимок в виброкипящем слое на основные показатели извлекаемого из них пектина: выход и студнеобразующую способность.

Разработана технология производства двухстадийного последовательного гидролиза протопектина с промежуточным пропариванием из гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, позволяющая извлечь до 87 % пектина от общего его содержания в выжимках, что на 57 % больше по сравнению с традиционной технологией. Разработанная технология производства пектина позволила получить два вида пектина – высоко- и среднеметоксилированный.

Разработана методика определения режимных параметров извлечения трудногидролизуемой фракции протопектина из выжимок яблок, которая позволяет задавшись необходимой прочностью студней пектина определить режимные параметры ее извлечения, обеспечивающие для данного случая максимальный выход пектина и минимальные затраты на его получение.

SUMMARY
Lazovikova Lubov

**TECHNOLOGY OF PREPARATION APPLE POMACE AND THE
PRODUCTION OF PECTIN**

Tags: apple pectin, apple pomace, granulation, steaming, drying in a vibroboiling layer, physico-chemical properties, quality parameters, operational parameters

Nowadays pectin is imported from the CIS countries and the EU, despite the huge resource base, allowing to organize the production of pectin from local raw materials on the territory of Belarus. Technology of pectin production, developed in CIS multicenters, labor-intensive, energy-intensive and contradictory, and applied to foreign enterprises like "know-how". Furthermore, the known technology of apple pomace preparation for hydrolysis enough contradictory and do not provide a high yield of pectin. There is no technology of pectin in Belarus, which would allow to fully extract pectin from apple pomace, although there is a huge resource base. In this regard, the technology development of pectin production from domestic raw materials is a very important issue.

The goal of this work – to develop science-based technology of preparation apple pomace and the production of pectin.

Object of research is apple pomace, obtained on RPTUE "Food combine of "Veselovo" after the extraction of juice and dried in various ways, examples of pectin derived from apple pomace, dried in various ways.

We defined the effect of the methods of preparing apple pomace to hydrolysis protopectin on the yield and quality parameters of pectin, allowed to develop the technology of preparation of apple pomace, namely pomace granulation, drying them in a vibrating fluid bed, steaming.

We received empirical dependence assessing the parameters of apple pomace drying in the vibrated layer on the basic parameters of pectin extracted from them: the yield of pectin and gelation ability.

We developed the technology of a two-step sequential protopectin hydrolysis with intermediate steaming granulated apple pomace, dried up in a vibroboiling layer that allows to extract up to 87% of its total pectin content in the pomace, which is 57% more compared to conventional technology. The developed technology of pectin production allowed to obtain two kinds of pectin - high- and middle-metoxylated.

We developed the method of operating parameters determination of the extraction hardhydrolysed fraction of apple protopectin, which allows to specify the required strength of pectin gels to determine the operating parameters of its extraction, ensuring in this case the maximum yield of pectin and the minimum cost of its production.

