

На правах рукописи

**СНЕЖКИН Юрий Федорович**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ  
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЙ  
ПРОИЗВОДСТВА ФРУКТОВО-ЯГОДНЫХ ПОРОШКОВ**

**СПЕЦИАЛЬНОСТИ: 05.14.04—промышленная теплоэнергетика  
05.18.12—процессы, машины и агрегаты  
пищевой промышленности**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук**

**Киев-1993**

AB 28.67

Работа выполнена в Институте технической теплофизики  
АН Украины

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор	КАШУРИН А.Н.
доктор технических наук, профессор	ГРИШИН М.А.
доктор технических наук, профессор	ОРЛОВ Л.А.

Ведущая организация - Украинский Государственный  
университет пищевых технологий, г. Киев

Защита состоится "28" декабря 1993 г. в 14 час  
на заседании специализированного совета Д 016.43.01 Института  
технической теплофизики по адресу : 252057, ул. Меллябова, 2-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института  
технической теплофизики.

Автореферат разослан "26" ноября 1993 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА  
Д 016. 3.01

кандидат технических наук

Н.В. КОСТЕНКО

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00802321 (G)

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Переработка сельскохозяйственного сырья и производство продуктов питания относится к числу сложных энергоемких технологических процессов с повышенными требованиями к конечному продукту. По существу, в каждом случае приходится решать проблему сохранения нативных характеристик сырья — его вкуса, запаха, цвета, биологической активности питательных свойств, витаминного состава и одновременно удовлетворять требованиям бактериальных норм, сроков хранения, технологичности при использовании.

Учитывая, что общая тенденция энергопотребления во всем мире сейчас такова, что расход энергии удваивается каждые 20 лет, стоимость генерирования энергии непрерывно возрастает. Поэтому остро ставится проблема создания и широкомасштабного внедрения современных малоэнергоемких технологий, обеспечивающих сокращение ее расхода в сочетании со сбережением сырьевых и других ресурсов. Особенно это актуально для обеспечения населения продуктами питания, поскольку дополнительная сложность состоит в том, что производство сельскохозяйственного сырья происходит в условиях рассредоточенного энергопотребления с весьма низким к.п.д. использования энергии на большинстве предприятий отрасли при одновременных значительных потерях сырья.

Одним из перспективных путей рационального использования сельскохозяйственного сырья является безотходное производство пищевых порошков из фруктов, ягод и их в зимок.

Порошки позволяют существенно увеличить пищевые ресурсы, значительно расширить ассортимент новых видов пищевых изделий, безотходная технология их производства обеспечивает получение высококачественного пищевого продукта, не содержащего посторонних примесей, в них в концентрированном виде сохранены все ингредиенты, входящие в состав исходного сырья. Они успешно могут использоваться в кондитерских, хлебобулочных, молочных продуктах, в общественном питании и в пищеконцентратах.

При производстве порошков из любого сельскохозяйственного сырья уборка урожая может быть механизированной, т.е. получаемые при этом повреждения плодов не влияют на качество порошка. На порошки может быть переработана нестандартная продукция, поскольку порошок имеет низкую влажность (5-8%), в нем почти полностью прекращаются все биохимические процессы. В отличие от хранения свежей продукции, в порошках содержание полезных пищевых

веществ почти не изменяется и потребитель поучает высококачественную готовую к потреблению для пищевых целей продукцию. Длительность хранения порошков в 2...3 раза превышает длительность хранения свежего сырья.

Теоретическое обоснование, разработка и практическое освоение ресурсосберегающих теплотехнологий производства фруктово-ягодных порошков является крупной научной и технической проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение. Диссертационная работа, решающая вопросы, связанные с созданием нового перспективного направления в технологии получения порошков из растительных материалов под воздействием теплоты, ударных и разделяющих механических воздействий, основанных на новом ресурсосберегающем методе и новых теоретических и экспериментальных исследованиях, представляется актуальной в теоретическом и прикладном аспектах.

Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института технической теплофизики АН Украины в рамках целевой комплексной научно-технической программы О.Ц.030 "Развитие производства биологически полноценных пищевых продуктов на основе комплексного использования сырья и снижения его потерь" на 1981-1986 г.г., утвержденную постановлением Государственного комитета СССР по науке и технике и Госплана СССР от 29.XII.1981 г. № 515/271 (приложение № 24), Постановления Совета Министров УССР от 07.04.1987 г. № 200-Р, Приказа Госагропрома УССР и АН УССР от 20.08.1986 г. № 325/618 и других директивных документов.

Цель работы - создание научных основ ресурсосберегающих теплотехнологий производства фруктово-ягодных порошков и разработка на их основе нового теплотехнологического оборудования.

В соответствии с этим основные задачи работы заключались в следующем:

- теоретическое и экспериментальное исследование процессов тепло- и массообмена при сушке фруктов, ягод и их выжимок с учетом изменения их физико-химических и структурно-механических свойств. Установление взаимосвязи между процессами тепло-массообмена и технологическими свойствами материала;

- разработка теплофизических основ и практических методов управления кинетикой обезвоживания фруктово-ягодного сырья с целью интенсификации процесса их сушки;

- экспериментальные и теоретические исследования процессов диспергирования и классификации фруктово-ягодных порошков. Разработка оптимальных теплофизических условий хранения и гидра-

тации порошков в различных условиях и средах;

-- разработка ресурсосберегающих теплотехнологий и технологических линий производства порошков.

Научная новизна работы. Установлены новые закономерности процесса сушки термолабильных коллоидных капиллярно-пористых тел различного происхождения, позволившие установить положительное влияние высоковлажного высокотемпературного теплоносителя на кинетику их сушки и структурно-механические свойства. В полученных сухих материалах регулируется цвет, запах, содержание растворимого пектина.

Определена зависимость качества термолабильных коллоидных капиллярно-пористых тел от температуры и влагосодержания материала, определены возможные потери ценных пищевых составляющих, пектинов, сахаров, кислот, витамина "С" фруктово-ягодного сырья.

Собобщение экспериментальных данных процессов сушки фруктово-ягодного сырья показало, что каждый вид сырья при сушке имеет свои расчетные зависимости для определения температуры материала, скорости, длительности сушки и охлаждения. Это позволило разработать автоматическую систему управления процессами тепло-массообмена при производстве фруктово-ягодных порошков.

Определены коэффициенты слипаемости и теплостойкости порошков, получены зависимости для определения количества получаемых порошков и их дисперсного состава, позволившие получить новые фруктово-ягодные порошки и разделить их на пищевые и кормовые фракции.

Показано, что порошки обладают лечебно-профилактическими свойствами, установлено влияние режимов сушки, диспергирования и разделения на комплексобразующие свойства порошков.

Определено влияние температуры, гидро модуля и времени на процесс регидратации порошков, что позволило получить расчетные зависимости по восстановлению порошков в различных жидких средах.

Определены теплофизические, сорбционные и структурно-механические характеристики фруктово-ягодных порошков, позволившие разработать оборудование для производства порошков и условия их хранения.

Практическая ценность и реализация работ. Разработаны ресурсосберегающие теплотехнологии производства порошков из яблочных, цитрусовых и виноградных выжимок, цельных яблок и овощей, сухофруктов, яблочных порошков с повышенными железирующими свойствами, жидких и пастообразных продуктов. Разработаны технологии

защитены авторскими свидетельствами.

Разработаны и утверждены технические условия и технологические инструкции на порошки из яблочных выжимок, цельных яблок, сухофруктов, столовой свеклы, моркови, тыквы и капусты.

Разработаны, изготовлены, прошли опытно-промышленную проверку и выдержали государственные испытания технологические линии для реализации вышеуказанных теплотехнологий, которые внедрены более чем на 55 предприятиях страны. Созданные технологические линии защищены авторскими свидетельствами.

Продана лицензия на технологии и контракт на технологическую линию производства порошков из яблочных выжимок в Чехословакию, которая успешно сдана в эксплуатацию в 1986 г. В 1992 г. создано совместное вьетнамско-украинское предприятие по производству порошков из бананов, в 1993 г. создано совместное китайско-украинское предприятие по производству порошков из яблок и овощей.

Специализированными организациями страны разработано и выпускается свыше 100 новых видов кондитерских, хлебобулочных, молочных изделий и блюд в общественном питании с использованием порошков.

Апробация работы. Основные результаты работы докладываются, обсуждались и получили положительную оценку на: Международном форуме по тепло- и массообмену (г. Минск, 1988 г. и г. Киев, 1992 г.); Международной конференции "Тепло- и массообмен в технологических процессах" (г. Ормала, 1991 г.); Всесоюзных и республиканских конференциях и семинарах по сушке (г. Чернигов, 1981 г., г. Харьков, 1983 г., г. Полтава, 1984 г., г. Черкассы, 1987 г., г. Киев, 1990 г.); Всесоюзных научно-технических и практических конференциях и симпозиумах: "Новые методы безотходной технологии переработки плодов и овощей" (г. Краснодар, 1981 г.), "Развитие производства биологически полноценных пищевых продуктов на основе комплексного использования сырья и снижения его потерь" (г. Москва, 1982 г.), "Эффективные энергосберегающие технологии переработки и хранения пищевых продуктов" (г. Киев, 1983 г.), "Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания" (г. Москва, 1984 г.), "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (г. Москва, 1985 г.), "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств" (г. Москва, 1986 г.), "Повышение эффек-

тивности и надежности машин и аппаратов в основной химии" (г.Сумы, 1986 г.), "Тепломассообменные ресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья (г.Москва, 1987 г.), "Новейшие исследования в области теплофизических свойств" (г.Тамбов, 1988 г.), "Экологическая онкология" (г.Киев, 1990 г.). Перспективные направления в создании и внедрении новой техники и технологии для производства консервов детского питания" (г.Одесса, 1990 г.), "Итоги и перспективы использования природных и синтетических высокомолекулярных соединений в производстве пищи" (г.Сувадаль, 1991 г.), республиканских конференциях: "Физико-химическая механика дисперсных систем и материалов" (г.Одесса, 1983 г.), "Интенсификация технологии и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК" (г.Киев, 1989 г.), "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (г.Харьков, 1989 г.), "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающую отрасли АПК (г.Киев, 1991 г.).

Публикации. Всего опубликовано 123 работы, в том числе по теме диссертации 103, из них 27 авторских свид. гетьств.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из двух томов. I том включает введение, 9 глав, выводы и список использованной литературы. II том включает приложения.

Работа изложена на 356 страницах основного текста, содержит 164 рисунка и 62 таблицы. Список использованной литературы включает 317 отечественных и иностранных источников.

Автор выражает благодарность академику АН Украины Кремневу О.А. и академику АН Боровскому В.Р. за научные консультации при выполнении работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Состояние вопроса и задачи исследования тепло-массообменных процессов производства фруктово-ягодн. порошков

В главе изложен обзор научных исследований и патентной литературы в области техники и технологии переработки растительного сырья на порошки, обзор литературы, описывающий строение плодов и ягод, химический состав, физико-химические структурные ха-

рактические и факторы, влияющие на качество перерабатываемого сырья. Рассмотрены особенности переноса тепла и вещества при сушке, а также вклад отечественных и зарубежных ученых в решение этих вопросов.

Обзор литературы показал, что существует несколько различных методов получения порошков, которые можно разделить на три группы.

К первой группе относятся методы в которых растительное сырье превращают в пастообразное или пюреобразное состояние. Полученную массу затем высушивают до низкой конечной влажности, измельчают до получения порошка и расфасовывают в герметичную тару. При этом обычно используется кондуктивная, конвективная, конвективно-кондуктивная или сублимационная сушка.

Ко второй группе относятся методы получения порошков, в которых растительное сырье непосредственно обезвоживают конвективным, конвективно-кондуктивным или сублимационным способами. Затем высушенный до низкой влажности продукт измельчают до порошкообразного состояния, разделяют на фракции, имеющие различное содержание ценных пищевых веществ, и герметично упаковывается.

К третьей группе относятся методы получения порошков из растительного сырья, в которых используется два или более способов сушки. Например, пюреобразные продукты до промежуточной влажности ( $W = 20-30\%$ ) обезвоживаются расплывательной сушкой, а досушку до низкой влажности ( $W < 6\%$ ) производят в кипящем слое.

Порошки, получаемые по первой группе методов, обычно хорошо растворимы в жидкости и технологичны. Однако, из-за высокой гигроскопичности и пластичности к ним добавляют наполнители-химически инертные вещества. При производстве таких порошков на стадии переработки сырья образуются отходы в виде вытерок и выжимок.

Порошки, получаемые по второй группе методов, целиком состоят из исходного сырья. В их составе ценные для человека пищевые волокна. Но при их производстве образуются отходы при очистке и вырезаемые несъедобные части плодов и овощей. Дисперсность таких порошков неравномерная.

Порошки, получаемые по третьей группе методов, обладают преимуществами и недостатками первых двух групп.

Каждая группа методов, как видно, имеет свои преимущества и недостатки. Однако, из приведенного обзора становится ясно, что необходимо разработать безотходный метод с получением порошков высокой пищевой ценности и высокой дисперсности.

Рассмотрев фрукты, ягоды и их выжимки, как объект переработки

следует отметить ряд особенностей, которые влияют на выбор теплотехнологии производства порошков. Одним из основных требований, предъявляемых к сырью при переработке, является высокое содержание сухих веществ, которые обеспечивают необходимое качество продукции и высокие технико-экономические показатели ведения процесса. Богатый ценными природными компонентами состав фруктов и ягод вызывает необходимость бережного отношения к ним в процессе технологической переработки с целью максимального сохранения этих веществ. Наименее устойчивыми при переработке являются фрукты и ягоды с повышенным содержанием фруктозы, пектиновых веществ и витамина С. Кроме того, следует обращать внимание на недопустимость появления в продукте посторонних органических и неорганических включений, микробиологической загрязненности и полное отсутствие канцерогенности.

Проведенный анализ выполненных исследований процессов переноса теплоты и вещества при производстве порошков свидетельствует об отсутствии необходимых данных для создания ресурсосберегающих теплотехнологий.

Физико-химические и теплофизические явления, протекающие в самом материале, при сушке, являются главным фактором, определяющим механизм технологического процесса и выявление сущности этих явлений и установление их закономерностей представляет собой одну из основных задач данной работы.

От изучения свойств сырья, как объекта переработки — к выбору способа и обоснованию технологических процессов и на этой основе к созданию оборудования и рациональным технологическим линиям по производству порошков.

## 2. Исследование теплотехнологических свойств фруктово-ягодного сырья как объекта переработки

Построение теплотехнологического процесса с созданием высокоэффективного тепломассообменного оборудования и производство высококачественной готовой продукции зависят от свойств сырья, способности его изменяться под влиянием различных технологических процессов переработки.

Сорбционно-структурные характеристики фруктово-ягодного сырья определялись статическим манометрическим вакуумным методом с весами Мак-Бена, а кинетика адсорбции изучалась статическим тензометрическим методом.

Характерной особенностью изотерм адсорбции яблок, яблочных

и мандариновых выжимок является наличие широкой петли гистерезиса в области относительных давлений 0,05...0,7, свидетельствующей о нежесткой структуре материалов, присущей капиллярно-пористым коллоидным телам. Стенки капилляров таких тел эластичны и при поглощении жидкости набухают, а при сушке дают усадку, что приводит к изменению структуры материалов, сказывающемуся на их сорбционных свойствах.

Для количественной интерпретации экспериментальных изотерм адсорбции применялся метод БЭТ, основанный на предположениях кинетической теории газов.

Установлено, что заполнение монослоя, например, в яблоках завершается при влажности материала  $W = 2\%$  ( $P/P_s = 0,197$ ), в яблочных выжимках  $W = 1,9\%$  ( $P/P_s = 0,225$ ). Емкость монослоя для яблок примерно на 36% больше, чем для яблочных выжимок, что указывает на большое количество в яблоке микропор малых размеров. Объясняется это по-видимому, ненарушенной клеточной структурой яблока.

Для мандариновых выжимок заполнение монослоя происходит при  $W = 0,6\%$  ( $P/P_s = 0,116$ ), а емкость монослоя на 63% меньше, чем в яблочных выжимках, т.е. в мандариновых выжимках преобладают более крупные по сравнению с яблоками и яблочными выжимками микропоры.

Резкое нарушение линейности БЭТ и наличие петель гистерезиса на всех экспериментальных изотермах адсорбции, свидетельствует о том, что начиная с некоторых относительных давлений, механизм адсорбции изменяется, происходит капиллярная конденсация. Так, например, для яблок капиллярная конденсация начинается при  $W = 8\%$ , яблочных выжимок -  $W = 6\%$ , мандариновых выжимок  $W = 10\%$ . Как известно начало капиллярной конденсации характеризует существенное возрастание скорости ферментативных реакций, приводящих к порче конечного продукта.

Определены также для сухого фруктово-ягодного сырья емкость полислоя, границы пористой структуры и удельные поверхности.

Анализ экспериментальных изотерм адсорбции при относительных давлениях  $P/P_s \geq 0,7$  дает основание предполагать, накладывающую адсорбцию растворением в области высоких относительных давлений и позволяет считать, что растворимые компоненты, в основном сахара, находятся, например, в яблоках, яблочных и мандариновых выжимках в аморфном состоянии.

В гигроскопической области в изотермическом процессе по изо-

термам адсорбции рассчитывалась энергия связи влаги с материалом по уравнению

$$E = RT \ln (R/p) \quad (1)$$

где  $R$  - универсальная газовая постоянная ( $8314,4 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ );  
 $T$  - абсолютная температура, К

Для большинства продуктов органического происхождения, имеющих гигроскопическую влагу, отношение суммы энергии связи свободной воды и связанной к энергии свободной воды составляет 1,1-1,4. Для яблок, яблочных и мандариновых выжимок это отношение достигает 1,2. Поэтому в расчетах процесса сушки до низкой конечной влажности необходимо учитывать эту величину.

Изучение кинетики адсорбции фруктово-ягодного сырья показало, что изотермы сорбции виноградных выжимок имеют характер, аналогичный изотермам адсорбции яблок, но их равновесные влажности при тех же условиях изменяются в значительно меньшем диапазоне.

Так, при  $\varphi = 0,4 \dots 0,9$  виноградные косточки приобретают равновесную влажность на 7-14 сутки, яблочные выжимки на 4-23 сутки, мандариновые выжимки на 5-17 сутки, виноградные выжимки на 5-13 сутки, яблоки на 12-29 сутки. Диапазон равновесных влажностей при таких же условиях у виноградных косточек  $W_p = 3 - 13\%$ , яблочных выжимок  $W_p = 3 - 56\%$ , мандариновых выжимок  $W_p = 3 - 32\%$ , виноградных выжимок  $W_p = 4 - 21\%$ , и яблок  $W_p = 6 - 54\%$ .

Характерной особенностью сухого фруктово-ягодного сырья является его высокая гигроскопичность, особенно при  $\varphi > 0,7$ . Поэтому при его упаковке и хранении необходимы помещения с относительной влажностью воздуха  $\varphi = 0,4 - 0,6$  и температурой не более  $20^\circ\text{C}$ .

С теплотехнической точки зрения для интенсификации процесса сушки температуру теплоносителя необходимо повышать, а учитывая особенности материала повышение температуры ограничено термостойкостью материала. Поэтому при определении термостойкости фруктово-ягодного сырья использован метод расчета потерь пищевых веществ при тепловой обработке, разработанный Скурихиным И.М.

Оказалось, что наибольшие потери ( $T = 120 - 140^\circ\text{C}$ ), например для яблок, приходятся на витамин С (90 - 98%), затем на пектиновые вещества (11 - 27%), кислоты (7-19%), и сахара (6-16%). Для яблочных выжимок эти потери на 40-50% больше. Сохраняемость веществ в слое больше, чем в единичных образцах. Если учесть, что фруктоза изменялась при  $T = 90^\circ\text{C}$ , пектины декструктурируют при  $T > 60^\circ\text{C}$ , а витамин С в свободном состоянии неустойчив уже при  $T = 50^\circ\text{C}$ , то можно считать, что в связанном состоянии эти

компоненты сохраняются значительно лучше, так как при  $T < 100^\circ\text{C}$  потери кроме витамина С, практически отсутствуют.

Изменяются органолептические и другие показатели фруктово-ягодного сырья при тепловой обработке. При температуре материала  $T > 100^\circ\text{C}$ , яблоки и яблочные выжимки начинают изменять окраску. Полученные данные показали, что цветность сухих яблок в градусах Штаммера ( $^\circ$  шт) при температурах  $T = 80-100^\circ\text{C}$  изменяется от 1,3 до 3,0  $^\circ$  шт, а яблочных выжимок от 8,0 до 8,6  $^\circ$  шт. При температурах сушки выше  $T = 100^\circ\text{C}$  цветность яблок и яблочных выжимок не отличается и составляет более 11-13  $^\circ$  шт.

Учитывая, что потери кислот при температуре сушки выше  $T = 100^\circ\text{C}$  больше, чем сахаров, то вкус сухого фруктово-ягодного сырья при этих режимах изменяется, например, для яблок и их выжимок от слабо-кислого до состояния, когда кислотность не ощущается.

Исследования показали, что обработка, например яблок, в начале процесса сушки высоковлажным и высокотемпературным теплоносителем ( $T \geq 110^\circ\text{C}$ ,  $d \geq 200$  г/кг сухого воздуха) в течение 5-10 мин. приводит к увеличению растворимого пектина на 20%, а общее количество потерь по пектину снижается на 15%. Цветность фруктово-ягодного сырья (в градусах Штаммера) резко уменьшается.

Определена по методу Зюлевича В.В. восстанавливаемость сухого фруктово-ягодного сырья в зависимости от режимов сушки и помолологических сортов. Установлено, что восстанавливаемость с увеличением температуры сушки ( $T = 80-120^\circ\text{C}$ ) уменьшается. Восстанавливаемость сухого цельного сырья выше на 20-30% чем у их выжимок. Найдены сорта яблок (Семиренко), в которых восстанавливаемость при температурах сушки  $T < 100^\circ\text{C}$  составляет 80%.

При создании теплотехнологии переработки фруктово-ягодного сырья на порошок необходимо знать теплофизические характеристики (ТФХ). Учитывая, что ТФХ влажных материалов зависят от плотности, химического состава, структуры сырья и т.д., а существующие формулы для определения плотности материалов с изменением влажности дают большой процент погрешности, экспериментально, по известной методике были определены плотность и порозность фруктово-ягодного сырья (II наименований) в диапазоне влажностей материала

$$W = 86 - 5\%.$$

Анализ полученных данных показал, что объемная плотность,  $\rho_v$  фруктово-ягодного сырья в процессе обезживания возрастает, а насыщенная плотность  $\rho_n$  - уменьшается. Это указывает на наличие усадки и на уменьшение относительной пористости  $\epsilon$  материала в

процессе тушки. Оказалось, что наибольшей относительной пористостью обладают яблоки, а наименьшей – виноградные выжимки.

Проведенные исследования позволили предложить эмпирические формулы для определения плотности, например,

для яблок:

$$\rho_V = \rho_T - 5,2 W, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2)$$

$$\rho_M = \rho_T + 3,6 W, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (3)$$

для яблочных выжимок:

$$\rho_V = \rho_T - 9,4 W, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4)$$

$$\rho_M = \rho_T + 3,5 W, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (5)$$

Определение  $T_{\text{мх}}$  фруктово-яблочного сырья осуществлялось на модернизированном лямбда-приборе. Зависимость теплопроводности фруктово-яблочного сырья от температуры  $\lambda = f(t)$  показало, что при увеличении температуры материала от  $T = 20^\circ\text{C}$  до  $T = 70^\circ\text{C}$  теплопроводность линейно возрастает, причем, прирост величины теплопроводности существенно зависит от влажности материала. Чем выше влажность материала, тем больше величина теплопроводности. Такое же по направлению, но еще большее по величине воздействия на теплопроводность материала оказывает плотность материала.

Исследование зависимости теплопроводности материала от влажности  $\lambda = f(W)$  при  $T = \text{const}$  показало, что теплопроводность фруктово-яблочного сырья не подчиняется закону аддитивности, согласно которому изотерма  $\lambda = f(W)$  – прямая линия. Такая нелинейность, по-видимому, вызвана изменением плотности продукта и его структурно-механических свойств, связанными различными формами связи влаги с материалом. С увеличением влажности материала теплопроводность возрастает.

Исследование зависимости массовой теплоемкости от температуры  $C = f(t)$  в интервале температуры  $T = 20-70^\circ\text{C}$  показало, что массовая теплоемкость с увеличением температуры возрастает. Теплоемкость материала с более высокой влажностью выше, чем у материала с более низкой влажностью, но большей плотностью, т.е. наибольшее влияние на массовую теплоемкость оказывает влажность материала. Изменение  $C = f(W)$  при  $T = \text{const}$  носит линейный характер.

Расчет температуропроводности фруктово-яблочного сырья показал, что при влажности материала выше равновесной ( $W = 20-35\%$ ) тем-

тературопроводность прямопропорциональна температуре материала, ниже равновесной влажности температуропроводность обратнопропорциональна температуре материала. Это, по-видимому, обусловлено формами связи влаги с материалом и свойствами воды, прочно связанной с материалом.

### 3. Исследование кинетики конвективной сушки и охлаждения фруктов, фруктовых и ягодных выжимок

Знание особенностей обезвоживания фруктово-ягодного сырья позволяет разработать оптимальный режим сушки и создать или выбрать определенную конструкцию сушильной установки.

Исследования процесса конвективной сушки яблок, груш, яблочных, citrusовых ( мандариновая, апельсинная, лимонная, грейпфрутовая), виноградных, ягодных ( малиновая, клубничная), грушевых выжимок и изучение основных закономерностей тепло- и массообмена, динамики и кинетики в широком диапазоне изменения тепловых нагрузок и параметров теплоносителя проводилось на экспериментальной установке.

Экспериментальная установка состоит из системы изолированных воздухопроводов с устройствами для термовлажностной обработки и циркуляцией теплоносителя, измерительных участков, сушильных камер, а также схем и приборов для замера величин, характеризующих исследуемые процессы. Определение температуры слоев материала в процессе сушки проводилось с помощью термопар. При проведении экспериментальных исследований по определению качественного и количественного влияния одного из параметров на процесс сушки все остальные поддерживались неизменными. Параметры теплоносителя изменялись в следующих пределах: температура  $T = 60 \dots 140$  °C, влагосодержание  $d = 10 \dots 30$  г/кг сухого воздуха, скорость  $V = 1 \dots 5$  м/с. Материал обезвоживался до конечной влажности  $W = 5$  %.

Фруктово-ягодные выжимки после соковыжимного пресса являются неоднородным продуктом. В них содержатся кусочки дробленой мякоти плода или ягоды, частичек кожицы, семенного гнезда, семян и плодоножек, имеющих различные влагосодержания и коллоидно-физические свойства. Поэтому сушка такого неоднородного материала представляет большую сложность, так как требует различных режимов сушки для составляющих его частиц.

Для выяснения факторов, интенсифицирующих процесс сушки, выжимки сушили в виде сплошного слоя и в виде гранул цилиндричес-

кой или пчизматической формы. Плоды в виде тел различной геометрической формы.

Оценка точности измерений ( для всех исследований в диссертации) производилась с учетом наибольших погрешностей приборов. Вычисление погрешности выполнено с помощью расчетных формул общепринятым методом в соответствии с основными положениями ГОСТ 8.009-77. Повторяемость опытов трехкратная. Величина средней квадратичной ошибки от всех измерений не превышала 3,16 %

Исследование влияния сорта сырья, формы, размеров образцов и их расположения в потоке теплоносителя на интенсивность процесса конвективной сушки показали, что различные помологические сорта плодов и их выжимок ( одной территориальной зоны произрастания) не оказывают существенного влияния на процесс сушки. Различные же виды сырья, обладающие отличной друг от друга структурой и химическим составом, обезвоживаются с различной длительностью. Например, яблоки сохнут примерно на 30 % быстрее груш.

Направление движения теплоносителя, как известно, влияет на интенсивность обезвоживания. Определено, что вертикальное движение теплоносителя по сравнению с горизонтальным движением теплоносителя по отношению к материалу интенсифицирует длительность процесса сушки фруктово-ягодного сырья на 20-25 %, а максимальная скорость сушки интенсифицируется на 20-30 %. Это объясняется тем обстоятельством, что средняя температура материала выше при вертикальном омывании теплоносителем, чем при горизонтальном, что как известно, ускоряет перенос влаги из глубинных слоев к поверхностным.

Влияние геометрической формы образцов измельченного материала на процесс сушки показало, что наиболее интенсивно сохнет материал, измельченный в виде соломки, затем кубики и кружки. Однако, при машинной резке плодов в виде соломки имеет место частичная потеря сока плодами и наличие значительного количества мелких частичек ( до 45 %). В этом плане предпочтительна резка плодов на кубики и кружки, при этом мелких частичек менее 25 %. Учитывая, что порозность плодов в форме кубиков на 13 % меньше, чем в форме кружков, и при резке на кружки наличие мелких частичек примерно на 20 % меньше, чем при резке на кубики, поэтому для обезвоживания плодов наиболее целесообразно измельчать плоды на кружки.

Исследования по длительности и интенсивности процесса сушки выжимок показали, что слой выжимок размером 7x60x60 мм сохнет на 36 % медленнее образцов, отформованных в виде цилиндрических гранул диаметром 7 мм и длиной 60 мм и уложенных на поддон параллельно

льно потоку теплоносителя с зазором 3-4 мм между образцами. При увеличении зазора между образцами до 6-8 мм время сушки совпадает со временем сушки одиночного образца и влияние потока теплоносителя вдоль или поперек образца не сказывается на процессе сушки. Времени при этом требуется в два раза меньше, чем при сушке слоя.

В результате исследования влияния температуры теплоносителя на процесс сушки фруктово-ягодного сырья установлено, что наибольшей термолабильностью обладают цитрусовые и виноградные выжимки, причем из цитрусовых наиболее термолабильна апельсиновая, а наименее - грейпфрутовые выжимки.

Влажность яблок, яблочных и цитрусовых выжимок, при которой происходит изменение их качества является  $W = 100-120\%$ , для грушевых, виноградных, малиновых, клубничных выжимок она составляет 30-50%.

Влагосодержание теплоносителя и скорость его движения оказывает существенное влияние на кинетику процесса сушки. Исходя из качества материала и интенсивности процесса сушки, высокие влагосодержание и скорость движения теплоносителя целесообразно поддерживать в начальной стадии процесса, когда удаляется влага, свободно связанная с материалом, при влажности материала  $W = 100-120\%$  влагосодержание теплоносителя следует поддерживать минимально возможным. Скорость движения воздуха в процессе сушки не должна превышать скорости уноса мелких частичек из слоя материала. Эта скорость, как показали исследования, более  $V \geq 3$  м/с для частиц 3-5 мм при их влажности  $W < 10\%$ .

Для выявления влияния на длительность процесса сушки различных факторов процесса ( $T, V, d, \delta$ ), были проведены исследования по плану дробного факторного эксперимента (ДФЭ). Уровни варьирования факторов были выбраны наиболее общие для всех экспериментов. Эксперименты проводились на высших и низших уровнях при одновременном варьировании всеми факторами. В результате обработки экспериментальных данных длительности процесса сушки и максимальной скорости сушки получены уравнения регрессии:

$$Y(T) = 253,75 - 96,25X_1 - 8,75X_2 + 33,75X_3 + 46,25X_4 \quad (6)$$

$$Y(V) = 9,6 + 4,5X_1 + 3,4X_2 - 1,1X_3 - 0,55X_4 \quad (7)$$

Анализ уравнения (6) показал, что наибольшее влияние на длительность процесса сушки оказывает температура теплоносителя ( $X_1$ ), а наименьшее - скорость движения ( $X_2$ ).

Если максимальный коэффициент при ( $X_1$ ) принять за единицу,

тогда величина остальных коэффициентов составляет: при  $X_2=0,09$ ;  $X_3$  (влажность теплоносителя) -  $0,35$ ;  $X_4$  (размер материала) -  $0,48$ .

Анализ уравнения (7) показывает, что в начальный момент процесса сушки наибольшее влияние также оказывает температура материала. Однако другие факторы в начальный момент процесса влияют иначе на интенсивность сушки. Так, вторым по интенсивности фактором является скорость движения теплоносителя ( $X_2$ ), затем влажность теплоносителя ( $X_3$ ) и размер образцов материала ( $X_4$ ).

Данные полученные в результате исследований показали, что наиболее целесообразными для сушки фруктово-ягодного сырья должны быть ступенчатые режимы сушки.

Получение порошков возможно не только из свежего сырья, но и из сырья, имеющего промежуточную влажность, т.е. из сухофруктов. Эксперименты проведенные по сушке фруктово-ягодного сырья, имеющего равновесную влажность, до низкой конечной влажности ( $W \leq 5\%$ ) показали, что температура теплоносителя не должна превышать  $T = 100^\circ\text{C}$ , но и не должна быть менее  $70-80^\circ\text{C}$ . Получаемый сухой продукт по органолептическим показателям не отличается от продукта, получаемого из свежего сырья, за исключением аромата. Аромат продукта, полученного из сырья с промежуточной влажностью, менее выраженный, чем из свежего сырья. Поэтому, целесообразно применение ступенчатого режима сушки такого сырья при температурах  $100-80^\circ\text{C}$ .

Охлаждение материала имеет большое значение в сохранении качества готового продукта. Эксперименты проведенные по плану полного факторного эксперимента (ПЭФ) позволили получить уравнение регрессии для длительности процесса охлаждения сухого яблока:

$$\tau = 324 - 9X_1 - 222X_2 + 97X_3 + 361X_3 - 79X_2X_3 \quad (8)$$

Анализ уравнения (8) показывает, что на процесс охлаждения наибольшее влияние оказывает скорость охлаждающего воздуха (коэффициенты при  $X_2$  и при  $X_2 X_3$  отрицательны и максимальны).

Влияние температуры охлаждающего воздуха и размеров образцов равнозначны (коэффициенты при  $X_1$  и  $X_3$  почти равны).

Формула для определения длительности процесса охлаждения слоя яблок ( $h = 30-60$  мм), высушенных до низкой конечной влажности имеет вид:

$$\tau_{\text{охл.}} = 225,5 + 1,73 h - 39,5V \quad (9)$$

Усадка фруктово-ягодного сырья наблюдается на протяжении всего процесса сушки. Получены объемные и линейные коэффициенты уса-

дии для различных материалов. Оказалось, что наибольший коэффициент имеет яблочное выжимки  $\beta_V = 0,005$  и вишни  $\beta_V = 0,008$ , а наименьшей - грейпфрутовые выжимки  $\beta_V = 0,002$ . (10)

Исследования по определению влияния сушильной поверхности на величину адгезии фруктово-ягодного сырья показали, что адгезия отсутствует только при сушке на фторопласте. На остальных материалах адгезия между сушильной поверхностью и образцами фруктово-ягодного сырья начинает проявляться, когда температура сырья достигает величины  $T = 70-80^\circ\text{C}$ , а его влажность менее  $W \approx 60\%$ . Установлено также, что адгезия не проявляется если начальная влажность плодов менее  $400\%$ , а для выжимок стень отжима сока при их получении должна быть менее  $70\%$ .

#### 4. Тепло- и массперенос в технологических процессах сушки

Уравнения кинетики сушки фруктово-ягодного сырья в общем виде можно представить в виде ломаной прямой линии:

для первого участка:

$$(W - W_p) = (W_1 - W_p) \exp(-2,3x_1 N_{1,2,3}) \quad (11)$$

для второго участка:

$$(W - W_p) = (W_{k_2} - W_p) \exp(-2,3x_2 N_{1,2,3}) \quad (12)$$

для третьего участка:  $(W - W_p) = (W_k - W_p) \exp(-2,3x_3 N_{1,2,3})$  (13)

Из опытных кривых сушки определены относительные коэффициенты сушки для различных видов фруктово-ягодного сырья в диапазоне их критических влагосодержаний:

$$x_{1,2,3} = \frac{L_0 (W_1(k_2, k_3) - W_p) - L_0 (W_{k_2}(k_2, k_3) - W_p)}{N_{1,2,3}} \quad (14)$$

В результате проведенных исследований было установлено, что критические влагосодержания с изменением режима тепловлажной обработки изменяются незначительно. Поэтому для количественной оценки протекания процесса сушки использован метод обобщения кривых сушки в координатах  $W - N_{1,2,3}$ . Получено хорошее совмещение опытных данных в одну кривую для каждого вида сырья. В инженерных расчетах из обобщенных кривых сушки легко определить длительность процесса для любого режима.

Из обобщенных кривых кинетики сушки получены обобщенные кривые скорости сушки для восьми видов фруктово-ягодного сырья которые включают в себя множество кривых скорости сушки соответствующих различным режимам. Получены эмпирические уравнения обобщенных кривых скорости сушки.

На основании полученных критических влагосодержаний и вычис-

ленных при этом величин относительных коэффициентов сушки рассчитаны длительности процесса сушки различных видов фруктово-ягодного сырья, которые хорошо согласуются с опытными кривыми.

Расчетное уравнение имеет вид:

$$\tau_g = \frac{1}{N} (W_{H1}^2 W_{K1} + \frac{1}{\alpha_1} \rho_1 \frac{W_{K1}}{W_{K2}} + \frac{1}{\alpha_2} \rho_2 \frac{W_{K2}}{W_{K3}} + \frac{1}{\alpha_3} \rho_3 \frac{W_{K3}}{W_{K4}}), \text{ мин} \quad (15)$$

Экспериментально получены коэффициенты позволяющие по известной формуле рассчитать максимальную скорость сушки  $N_{\text{max}}$  для различных видов фруктово-ягодного сырья.

Длительность процесса сушки и максимальная скорость сушки восьми различных видов фруктово-ягодного сырья рассчитаны, как для движения теплоносителя движущегося горизонтально по отношению к материалу, так и вертикально по отношению к нему, т.е. с учетом различных конструкций конвективных сушильных установок.

Исследования кинетики теплообмена при сушке фруктово-ягодного сырья осуществлялось по кинетике влагообмена. Были рассчитаны температурный коэффициент сушки  $\frac{d\tau}{dW} = f(W)$  и число Ребиндера

$$Rb = f(W) \quad (16)$$

Рассматривая число  $Rb = dq_{\text{исп}}/dq_{\text{теп}}$  рис. I, как "критерий оптимизации", названный так А.А. Гухманом, становится понятным целесообразность применения для сушки фруктово-ягодного сырья ступенчатых режимов сушки. Так, в начале процесса сушки температура теплоносителя должна быть высокой ( $T > 100^\circ\text{C}$ ), т.к. числа  $Rb$  при этом достаточно низкие, что указывает на потребление материала теплоты, расходуемой на испарение влаги. При этом температура материала или постоянна, или медленно возрастает. При достижении материалом критической влажности  $W < 100-120\%$  температуру теплоносителя необходимо снижать ( $T < 90-100^\circ\text{C}$ ). На конечной стадии процесса при влагосодержании материала

$W = 20-30\%$  числа  $Rb$  имеют очень большую величину и, следовательно, неэкономично использовать высокие температуры, т.к. большая часть теплоты идет на нагрев материала, а не на испарение из него влаги, а, следовательно, и температура самого материала резко повышается и может превысить предельно допустимую. Поэтому, температура теплоносителя на последней стадии определяется из условий максимального сохранения ценных пищевых составляющих материала и экономного энергопотребления.

По существу, нагревание материала в процессе сушки является потерей теплоты, поэтому целесообразно, чтобы значение числа  $Rb$  в течение всего процесса сушки было минимальным.

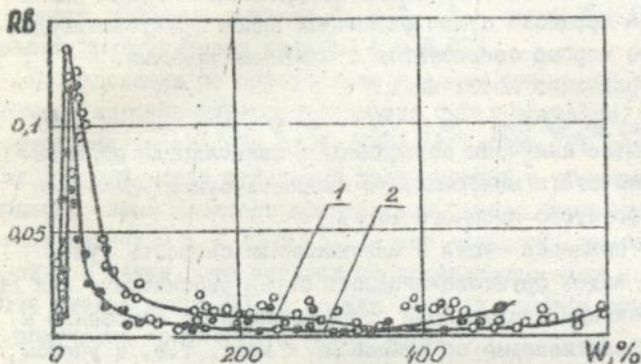


Рис. 1. Зависимость числа Рейнольдера от влагосодержания яблок при сушке  
Температура теплоносителя:  
1 -  $T = 100$  °C  
2 -  $T = 80$  °C

Исходя из эмпирической зависимости числа Рейнольдера от среднего текущего влагосодержания, определена средняя температура материала в любой момент сушки. Для этого использовано соотношение:

$$t_i = t_{i0} + \frac{Rb}{100c_{pi}} \left\{ \exp[-Rb(W_i - W_{p0})] - \exp[-Rb(W_{i0} - W_{p0})] \right\} \quad (17)$$

Расчетные значения средней температуры материалов достаточно хорошо совпали с экспериментальными данными.

Проведенные исследования влагообмена и теплообмена позволили построить основное уравнение кинетики процесса сушки для различных видов фруктово-ягодного сырья в виде  $\dot{q} = N(T - Rb)^\beta$  в зависимости от влагосодержания.

Определены плотности теплового потока  $q(z)$  в нестационарном процессе тепло- и массообмена при сушке по данным влагообмена и числу  $Rb$ , что позволило посчитать коэффициент теплоотдачи  $\alpha(z)$ , а затем и тепловое число Нуссельта.

Поскольку различие в интенсивности конвективного теплообмена для яблок и яблочных выжимок находятся в пределах погрешности измерений, то данные для них обобщены единым уравнением:

$$Nu = 1,12 Re^{0,05} \quad (18)$$

Увеличение интенсивности по сравнению с плоской пластиной объясняется увеличением шероховатости и структурой материала.

Исследование зависимости между массообменом и конвективным теплообменом при сушке фруктово-ягодного сырья проведено при помощи зависимости:

$$\frac{Nu}{Nu_0} = f(1 - \beta_n) \quad (19)$$

где  $\beta_n$  - энтальпийный парам. гр, учитывающий влияние поперечного потока вещества на интенсивность теплообмена.

Установлено, что повышение температуры ( $T = 80-100$  °C) не

приводит к интенсификации конвективного теплообмена, т.к. возрастает массовый поток влаги с поверхности материала в окружающую среду. При этом формируется устойчивый пограничный слой, который оказывает термическое сопротивление.

Посчитанные коэффициенты диффузии и влагообмена позволяют определить числа Био для периода постоянной скорости сушки фруктово-ягодного сырья, которые находятся в диапазоне  $0,6 < Bi_{eff} < 50$ . Это характеризует смешанную задачу массообмена, при которой кроме внешних условий на процесс сушки в значительной степени оказывает воздействие внутренний массоперенос.

Расчитанные массообменные числа Нуссельта подтвердили отсутствие аналогии между процессами теплообмена и массообмена при сушке фруктово-ягодного сырья.

#### 5. Исследование процесс э диспергирования и разделения обезвоженных фруктов, ягод и их выжимок

С целью изучения влияния процесса сушки на структурно-механические свойства фруктово-ягодного сырья были проведены эксперименты, которые показали, что при достижении материалом влажности 8 % он теряет упруго-эластичные свойства и превращается в хрупкое тело. Материал, высушенный до конечной влажности ниже 4 %, требует при разрушении значительного увеличения нагрузки, а при влажности больше 6 % при раздавливании слипается и превращается в лепешку.

Кроме влажности на прочность материала оказывает воздействие и другие факторы: температура материала, режим сушки и обработка его высоковлажным высокотемпературным теплоносителем.

Для определения влияния этих факторов на прочность материала были проведены опыты по плану ПЭЗ, которые позволили получить уравнение регрессии:

$$U_p = 75,6I - 6,38X1 - 4,55X2 - 6,44X3 - 7,97X4 \quad (20)$$

Анализ уравнения показывает, что на прочность образцов наибольшее влияние оказывает температурный режим сушки (X4), а наименьшее температура материала (X2) в исследуемом диапазоне ( $T = 10-35^\circ\text{C}$ ). Если максимальный коэффициент (при X4) принять за единицу, тогда величина остальных коэффициентов составляет: влажность материала (X1) - 0,8; обработка высокотемпературным высоковлажным теплоносителем (X3) - 0,81.

Уменьшение прочности материала при его обработке высоковлажным высокотемпературным теплоносителем подтверждает, что нераст-

воримый протопектин растительных клеток переходит в растворимый пектин.

Эксперименты по диспергированию сухого фруктово-ягодного сырья осуществлялись на лабораторном дезинтеграторе, позволяющем в процессе опыта непрерывно регистрировать число оборотов и количество измельчаемого материала. Они позволили установить, что для сырья с преимущественным содержанием сахаров, наиболее приемлемыми являются измельчающие устройства ударного способа действия. Для липидосодержащего сырья — измельчающие устройства раздавливающего и истирающего способа действия.

Фруктово-ягодные порошки, получаемые в результате диспергирования, состоят из большого количества частиц, подчиняющихся статистическим законам. Экспериментальные исследования этих процессов показали, что распределение частиц по диаметру в совокупности имеет в общем непрерывный характер с наличием экстремумов. Эксперименты, представленные в виде дифференциальных и интегральных кривых распределения, где аргументом является размер частиц, а функцией — содержание частиц данного размера, выраженные через массу, показали, что максимумы функции распределения порошков из яблок и мандариновых выжимок приходятся на размер частиц примерно 0,05 мм, а в яблочных выжимках на 0,15 мм. Наиболее равномерное измельчение частиц порошка происходит у яблок.

Анализ полученных фракций порошков показал, что порошки из яблок и яблочных выжимок, размер частичек которых менее 0,25 мм, состоят из мякоти плода; порошки размером 0,25–0,45 мм — из кожицы и подкожного слоя, а порошки более 0,45 мм — из семян, семенных гнезд и плодоножек плодов. Подобное разделение наблюдается в г루зах и мягкой части виноградных выжимок. В других видах сырья такого разделения не наблюдалось. Эти особенности обусловлены различием в структуре, физико-механических свойствах и химическом составе порошков.

Анализ интегральных кривых распределения показал, что выход фракции фруктово-ягодных порошков размером 0,25 мм колеблется в зависимости от скорости вращения измельчающего органа диспергатора, и составляет для плодов 55–80 %, для выжимок 25–50 %.

Процесс диспергирования виноградных выжимок отличается от диспергирования других материалов прежде всего резкой неоднородностью структуры выжимок, т.е. наличием косточек и гребней. Установлено, что при низкой влажности выжимок и при диспергирова-

нии их со скоростью измельчающего органа  $V \approx 4$  м/с их можно затем разделить на мягкую часть и косточки.

Мягкая часть разделяется подобно яблочным выжимкам, а косточки необходимо диспергировать на устройствах раздавливающего и истирающего способа действия. В результате виноградные косточки разделяются на фракцию порошка размером  $\delta < 0,3$  мм, состоящую из ядра косточки в количестве до 60 % и фракцию порошка размером  $\delta > 0,3$  мм, состоящую из скорлупы косточек.

Определено, что фруктово-ягодные порошки из выжимок, содержащие большое количество крупных частиц надо просеивать по принципу сбрасывания, а порошки из плодов по принципу пропускания.

Влияние различных факторов на выход мелкодисперсных фракций порошков ( $\delta \leq 0,25$  мм) исследовано по плану ДФЭ и ПФЭ.

Анализ уравнений регрессии показал, что у всех исследованных материалов наибольшее влияние на процесс диспергирования оказывает скорость вращения ротора диспергатора, особенно для выжимок, обладающих плотной структурой.

Диаметр отверстий колосниковой решетки влияет только на выход порошков у выжимок, а диаметр этих отверстий наоборот оказывает воздействие только на выход порошков из плодов.

Загрузка на сито зависит от гигроскопических свойств материала, а производительность существенно влияет на выход мелкодисперсной фракции порошков.

Из уравнений регрессии получены расчетные формулы, описывающие процесс диспергирования и разделения для порошков из плодов и выжимок.

Структурно-механические характеристики порошков необходимы для конструирования оборудования, расчета и автоматизации технологических процессов. Были определены основные характеристики (II наименований) 5 видов фруктово-ягодных порошков для 6 фракций размером от 1,6 мм до менее 0,1 мм.

Так установлено, что с уменьшением размера частиц плотность порошков снижается. Наибольшая плотность у порошков из мандариновых выжимок и виноградных косточек, а наименьшая у порошков из яблок. Наилучшей текучестью и обрушаемостью обладают порошки из мандариновых выжимок, наиболее плохая она у порошков из яблок и виноградных косточек.

Исследования слипаемости и теплостойкости порошков показали, что наибольшее влияние на эти характеристики оказывает влажность материала. Получена расчетная формула для определения коэффициента

слипаемости порошка.

## 6. Исследование теплофизических свойств фруктово-ягодных порошков

Проведенный химический анализ фруктово-ягодных порошков показал, что порошки содержат те же вещества, что и исходное сырье. Однако, в порошках их количество в несколько раз превышает их содержание в исходном сырье.

Все фруктово-ягодные порошки имеют много общего. Они на 70-80 % состоят из углеводов. Отличаются только порошки из виноградных косточек, которые содержат 30-50 % азотистых веществ и липидов.

Сравнение порошков по фракциям показало, что они имеют различия в количественном содержании основных компонентов химического состава. Порошки из фруктов, ягод и их выжимок отличаются между собой по цвету, вкусу, аромату и консистенции в зависимости от фракций и содержания в них сухих растворимых веществ. Последних всегда больше в пищевой фракции с размером частиц  $\sigma < 0,25$  мм,

Вторая фракция ( $\sigma > 0,25$  мм) по своему химическому составу имеет больше пищевых: волокон, азотистых веществ, она состоит в основном из несъедобных частей плодов и ягод, поэтому считается кормовой.

Наиболее высокая энергетическая ценность у пищевых порошков из виноградных косточек и яблок, а наименее ценная у кормовых порошков из виноградных выжимок и виноградных косточек.

Проведенный для сравнения химический состав импортного порошка, полученного из яблочного сока, показал, что они очень близки к пищевым порошкам из яблок. Отличительной их особенностью является отсутствие клетчатки и наличие в составе инертного носителя - мальтодекстрина.

С помощью известной формулы сбалансированного питания рассчитана степень удовлетворения пищевыми фруктово-ягодными порошками дневной потребности человека в отдельных пищевых компонентах. Установлено, что порошки содержат практически почти все основные компоненты входящие в формулу сбалансированного питания. По суммарному по азотелю удовлетворения формуле сбалансированного питания отличаются порошки из яблок. Они по степени удовлетворения формуле сбалансированного питания превосходят порошки, полученные из яблочного сока.

Приведенные данные показывают, какие из веществ химического

состава порошков имеют наибольшее значение при их применении в пищевых продуктах. Так, порошки из яблок являются ценными, благодаря высокому содержанию органических кислот, углеводов и микроэлементов железа.

Порошки из яблочных, виноградных и мандариновых выжимок представляют интерес содержанием в их составе значительного количества органических кислот и балластных веществ (пищевых волокон). Порошки из виноградных косточек ценны значительным содержанием белков и жиров.

Восстанавливаемость фруктово-ягодных порошков на 10-15 % выше восстанавливаемости исходного высушенного сырья. Это связано с условиями регидратации, при которых частички порошка контактируют с водой большей поверхностью, чем кусочки неподдробленного сухого сырья.

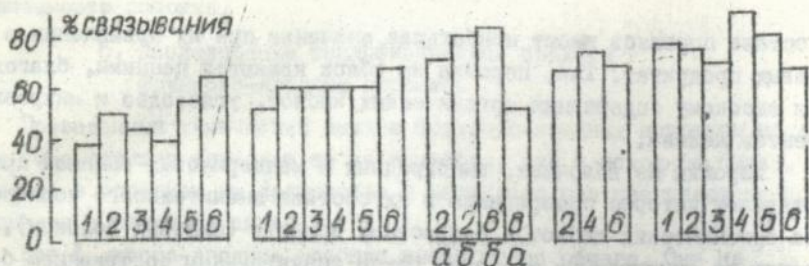
Восстанавливаемость пищевых порошков примерно на 10 % меньше восстанавливаемости кормовых порошков, из-за наличия в пищевой фракции большого количества сухих растворимых веществ, которые при регидратации растворяются и переходят в раствор.

С целью выяснения условий восстанавливаемости фруктово-ягодных порошков в воде, сахарных растворах различной концентрации, молоке и сыворотке были проведены опыты по плану ПЭЭ и ДЭЭ.

Получены расчетные формулы, для определения восстанавливаемости фруктово-ягодных порошков в указанных средах, которые позволяют технологам быстро восстанавливать порошки, не допуская перерасхода энергетических и сырьевых ресурсов.

Фруктово-ягодные порошки обладают комплексобразующими свойствами. На рис. 2 представлена гистограмма связывания некоторыми порошками ионов металлов, в том числе и радиоактивных, в сравнении с пектином. Из рис. 2 видно, что все порошки имеют достаточно высокий (в среднем выше 50 %) процент связывания ионов металлов. Заметно также, что порошки из выжимок имеют в среднем больший процент связывания, чем порошки из яблок. Это объясняется тем, что в выжимках в значительно большем количестве содержится протопектин, который, как показывают проведенные исследования, является наиболее активным компонентом химического состава, связывающим ионы металлов.

Исследования по комплексобразующим свойствам порошков показали, что процент связывания ионов металлов зависит от pH среды, вида сырья, его технологической обработки и режимов сушки. Для большинства фруктово-ягодных порошков благоприятна слабокислая среда



Фиг. 2. Гистограмма связывания порошками ионов металлов 1-лантан; 2-церий; 3-итрий; 4-цирконий; 5-ниобий; 6-свинец; а) "Черло"; б) "Алиготе".

( $pH=5$ ), а для виноградных выжимок - кислая ( $pH=3,5$ ). Порошки темных сортов винограда связывают значительно сильнее, чем светлых. Обработка материала высоковлажным высокотемпературным теплоносителем уменьшает процент связывания. Увеличение температуры сушки уменьшает процент связывания порошками ионов металлов.

Проведенные исследования показали, что в ряде случаев профилактическое применение пектиновых веществ в условиях радиоактивного загрязнения может быть с успехом заменено фруктовыми порошками, что, к тому же, энергетически более выгодно.

Как показали исследования, гигроскопические свойства порошков, значительно выше, чем у исходного высушенного сырья. Емкость моно- и полимолекулярной адсорбции, удельная поверхность, равновесные влажности и др. у порошков значительно больше, чем у исходного сухого сырья. Пищевые порошки более гигроскопичны, чем кормовые порошки. Это указывает на значительное механическое разрушение структуры исходного материала при производстве порошков, неодинаковое содержание сухих растворимых веществ в порошках коэффициентах по фракциям.

Уравнения изотерм адсорбции фруктово-ягодных порошков в интервале относительной влажности воздуха  $y = 0,4-0,9$  например:

для яблук:

$$W = 1,32 \cdot e^{4,06 \cdot y} \quad (21)$$

для яблочных выжимок:

$$W = 0,585 \cdot e^{4,5 \cdot y} \quad (22)$$

для мандариновых выжимок:  
 $W = 0,593 \text{ г}$  4,474

(23)

Наиболее гигроскопичными являются пищевые порошки из яблок и клубники, а наименее - кормовые из виноградных выжимок и пищевые из виноградных косточек.

Анализ изотерм адсорбции показал, что ферментативная активность порошков выше, чем у исходного сухого продукта.

Учитывая микробиологические особенности пищевых продуктов определено, что конечная влажность порошков должна быть ниже 8%.

Были проведены исследования по динамике изменения химического состава пищевого яблочного порошка, как наиболее гигроскопичного и обладающего высокой пищевой ценностью в течение двенадцати месяцев. Хранение порошков, упакованных в полиэтиленовые пакеты, осуществлялось в трех различных условиях: на свету при комнатной температуре, в затемненных эксикаторах при той же температуре и в холодильнике при  $T = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что срок хранения порошков должен быть год в герметической упаковке при температуре окружающего воздуха не более  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  и его относительной влажности не более 70%.

Исследования теплофизических характеристик фруктово-ягодных порошков показали, что по абсолютной величине теплопроводность пищевых и кормовых порошков незначительно отличается между собой и практически ограничивается линиями, описываемыми уравнениями:

например, для порошков из яблок

$$\lambda = 0,117 + 0,00046 (T-20) \quad (24)$$

$$\lambda = 0,095 + 0,00009 (T-20) \quad (25)$$

для яблочных, виноградных и мандариновых выжимок

$$\lambda = 0,095 + 0,0004 (T-20) \quad (26)$$

$$\lambda = 0,075 + 0,0005 (T-20) \quad (27)$$

Влияние влагосодержания и плотности материалов на теплопроводность порошков такое же как у исходного сырья. Массовая теплоемкость порошков практически мало отличается от исходного сырья и находится в интервале  $C = 1, C - 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$ . Существенного влияния дисперсности порошков на их массовую теплоемкость не выявлено.

Расчет температуропроводности порошков показал, что наиболее высокие теплоинерционные свойства имеют порошки из виноградных косточек, а наименьшие - порошки из мандариновых выжимок. Теплоинерционные свойства порошков обратно пропорциональны их температуре. Температуропроводность порошков выше, чем тепло-

проводность исходно с высушенного сырья.

### 7. Создание ресурсосберегающих теплотехнологий производства фруктово-ягодных порошков

До 1985 г. в стране ежегодно вырабатывалось свыше 1 млн. тонн яблочных выжимок, которые мало использовались. Поэтому на основании комплекса проведенных исследований была разработана безотходная технология переработки яблочных выжимок на порошки.

Суть технологии состоит в том, что яблочные выжимки непосредственно после соковыжимного пресса гранулируют на теле правильной геометрической формы, обезвоживают до низкой конечной влажности ( $W < 8\%$ ), охлаждают, измельчают на устройствах ударного способа действия и разделяют на фракции. При этом из сухой массы получают 30-60 % порошка, состоящего преимущественно из мякоти яблока - пищевая фракция и 70-40 % порошка, состоящего из кожицы, семян, семенных гнезд и плодоножек - кормовая фракция.

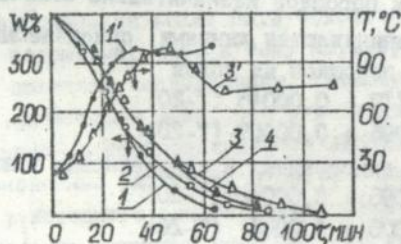


Рис. 3. Изменение влагосодержания и средней температуры яблочных выжимок при двухстадийном режиме сушки

1, 1' -  $T = 140-98$  °C; 2, 2' -  $T = 140-80$  °C; 3, 3' -  $T = 120-80$  °C;  
 4, 4' -  $T = 120-98$  °C;  
 $\varphi = 10,50$  г/кг сухого воздуха;  
 $V = 1-2$  м/с.

Основой технологии является скоростная энергетически целесообразная, качественная сушка яблочных выжимок. Разработанный двухступенчатый режим обезвоживания рис. 3 состоит в том, что на первой стадии, когда температура выжимок не превышает допустимой величины ( $T=100^{\circ}\text{C}$ ) температура теплоносителя составляет  $T=120-140^{\circ}\text{C}$  кривые сушки I-4. На второй стадии, при влажности выжимок  $W \approx 120\%$  температура материала начинает приближаться к предельно допустимой величине. Поэтому температуру теплоносителя снижают до величины  $T < 100^{\circ}\text{C}$  и процесс ведут до влажности выжимок  $W = 6-8\%$ .

Проведение расчетов позволило установить выход пищевой фракции порошка из яблочных выжимок и содержание в них сухих растворимых веществ (СРВ) в зависимости от ряда факторов. Оказалось, что выход пищевых порошков в значительной степени зависит от степени отжима сока из яблок и может изменяться от 25% при степени отжима 80% до 68% при степени отжима 45%. Содержание СРВ в исходном сырье влияет значительно меньше, чем отжим сока на выход пищевой фракции порошка и колеблется в пределах 10-15%. На величину выхода пищевого порошка влияет также конечная влажность материала и конструкция технологического оборудования.

На содержание СРВ в порошке значительно влияет степень отжима сока из яблок и меньше - содержание СРВ в исходном сырье. При степени отжима сока из яблок 50-60% пищевая фракция порошка из выжимок обладает высокими органолептическими показателями.

С целью интенсификации процесса сушки и улучшения качества продукта разработана технология переработки яблочных выжимок по которой при достижении материалом, на второй стадии процесса сушки, влажности  $W = 10-25\%$  его охлаждают, а затем одновременно измельчают и сушат. Для этого в диспергатор подают теплоноситель с температурой около  $T \approx 100^{\circ}\text{C}$ . При этом досушка выжимок до влажности  $W \leq 6\%$  осуществляется за 4-10 секунд, а качество материала оказывается высоким.

Разработана технология производства студнеобразующего порошка из яблочных выжимок. Особенность технологии состоит в том, что сушку осуществляют по трехступенчатому режиму при котором температура теплоносителя  $T = 95-65^{\circ}\text{C}$  при этом температура материала не превышает опасного для пектиновых веществ рубежа  $T = 80^{\circ}\text{C}$ , сохраняя их желеобразующие свойства.

Сухую выжимку дробят и разделяют на три фракции. Первая фракция ( $d < 0,25\text{ мм}$ ) - пищевой порошок из мякоти яблока. Вторая

фракция ( $\delta = 0,25-0,45$  мм) – студнеобразующий порошок, состоящий из кожицы и подкожного слоя яблок и III фракция ( $\delta > 0,45$  мм) – кормовой порошок, состоящий из семян, семенных гнезд и плодоножек яблок. Полученный студнеобразующий порошок был с успехом использован для производства пектина на заводе г.Бар. Желирующая способность порошка по прибору Сосновского достигает 350 мм.рт.ст.

Наличие большого количества цитрусовых выжимок послужило причиной разработки безотходной технологии производства цитрусовых порошков. Отличительной особенностью технологии является то, что цитрусовые выжимки значительно более термолабильны, чем яблочные выжимки, и обладают своеобразной структурой. Поэтому цитрусовые выжимки гранулируют и одновременно, подавая пар в материал, его нагревают до температуры 80–90 °С, затем сушат при температуре теплоносителя на первой стадии  $T = 98-100$  °С, а на второй  $T = 55-60$  °С. Высушенный материал охлаждают, дробят и разделяют на две фракции.

Безотходная технология производства порошков из виноградных выжимок заметно отличается от предыдущих технологий тем, что после соковыжимного пресса их не гранулируют, а сушат в виде слоя по двухступенчатому режиму при температуре  $T = 110-120$  °С,  $T = 60-80$  °С, охлаждают и подвергают предварительному дроблению. В результате сухая выжимка разделяется на мягкую часть, состоящую из мякоти винограда, его кожицы и остатков гребней и косточки. Каждая из этих двух частей измельчается по-разному. Мягкая сахаросодержащая часть аналогично, как яблочная выжимка, дробится и разделяется с получением двух фракций порошков. Пищевые порошки ( $\delta < 0,25$  мм) состоят из мякоти винограда и кормовые порошки состоят из кожицы и гребней ( $\delta > 0,25$  мм). Косточки-липидосодержащая часть трехкратно измельчается на диспергаторах раздавливающего и истирающего действия, и одновременно разделяются с получением пищевого порошка, состоящего из ядра косточек и кормового порошка, состоящего из скорлупы косточек.

Разработанные технологии производства порошков из яблочных и цитрусовых выжимок могут быть использованы для производства порошков из других фруктовых и овощных выжимок и вытерок. После вступления в силу закона по борьбе с алкоголизмом в стране высвободилось порядка двух миллионов тонн яблок, которые ранее использовались для производства плодовоягодных вин. Поэтому была разработана безотходная технология производства порошков из цельных яблок.

Суть технологии в том, что яблоки тщательно моют, инспекти-

руют, измельчают на кружки с гофрированной поверхностью, затем сушат дв.хступенчатым режимом до низкой конечной влажности ( $W < 6\%$ ), охлаждают, двукратно измельчают и разделяют с одновременным охлаждением на пищевые и кормовые порошки.

Отличительной особенностью двухступенчатого режима сушки является то, что на первой стадии сушки влагосодержание теплоносителя повышенное ( $d = 50-200$  г/кг сухого воздуха). Это повышает температуру материала, интенсифицирует процесс сушки и инактивирует ферменты.

Из-за высоких термопластичных и гигроскопических свойств порошков дробление и разделение фракций порошков двукратное с одновременным охлаждением дробленного продукта и отбором пищевой фракции порошка, что позволяет получить высокий теоретически возможный выход пищевой фракции порошка от массы сухого материала.

Содержание СРВ, как показали исследования, в пищевом порошке ( $G$ ) зависит от содержания СРВ в яблоках ( $C$ ) и определяется по формуле:

$$G = 45,6 + 1,91C, \% \quad (28)$$

Из формулы (28) видно, что содержание СРВ в пищевых порошках составляет 60-70 %.

Разработанный способ дробления сухих яблок позволяет при скоростях ротора дробилки 50 м/с (двукратное дробление) получить на 7 % больше пищевой фракции, чем при однократном дроблении при скорости 30 м/с, но при этом удельный расход электроэнергии имеет такую же величину как и однократном дроблении при скорости 60 м/с.

В результате проведенных исследований по дроблению высушенных яблок получена эмпирическая формула выхода пищевой фракции порошка из яблок ( $G$ ) в зависимости от содержания СРВ в цельных яблоках ( $C$ ):

$$G = 55,5 + 2,04C, \% \quad (29)$$

Из приведенной формулы (29) видно, что выход пищевых порошков будет 75-80 %.

Из полученных формул (28, 29) видно, что наиболее целесообразно перерабатывать на порошки яблоки с большим содержанием СРВ.

Проведенные исследования показали, что в зависимости от технологической обработки сырья можно получать порошки имеющие различные свойства. Разработана технология производства пищевого яблочного порошка, обладающего повышенными хемирующими свойствами. Отличительной особенностью этой технологии, по сравнению с техно-

логией получения порошка из яблок, является обработка яблок в начале процесса сушки высоковолажным ( $W = 500-800$  гр/кг сухого воздуха) высокотемпературным ( $T = 110-120$  °C) теплоносителем.

При этом, очевидно, разрушается цитоплазменная оболочка растительных клеток, которая интенсифицирует процесс испарения влаги из материала. Происходит частичный гидролиз протопектина, увеличивая содержание растворимого пектина в продукте. Инактивация ферментов позволяет получать порошок более светлого цвета.

С полученным порошком, обладающим повышенными гелирующими свойствами, были выработаны партии мармелада, в которых 25 % пектина заменялось этим порошком. По всем показателям такой мармелад соответствовал требованиям ГОСТа на него.

В процессе производства порошков наиболее длительным процессом является сушка. Она занимает 90 % длительности всего процесса. Поэтому была разработана технология, позволяющая значительно увеличить производительность за счет сокращения длительности сушки, а значит и снизить себестоимость порошков.

Одной из особенностей данной технологии является то, что после первой стадии сушки, когда материал достигает равновесной влажности  $W = 18-22$  %, технологический процесс прерывается. Всушенные до равновесной влажности яблоки поступают на хранение. Хранение яблок осуществляется до периода, когда переработка свежих яблок заканчивается. Затем, в осенне-зимний период, сушеные до равновесной влажности яблоки досушиваются до низкой конечной влажности ( $W < 6$  %) и далее по обычной схеме из них получают пищевые и кормовые порошки.

Сушка с промежуточной отлежкой и хранением позволяет уменьшать длительность процесса сушки целых яблок в 1,5-2 раза, тем самым увеличивается производительность и снижается себестоимость порошка. Создана универсальная технология, которая не зависит от сезона произрастания фруктов. Суть данной технологии состоит в том, что период, когда нет свежих фруктов и сухофруктов, можно перерабатывать овощи (морковь, столовая свекла, тыква, капуста). Овощи, например столовая свекла, моют, бланшируют, очищают кожуру, инспектируют, измельчают, дезодорируют, сушат до низкой влажности, охлаждают и далее, по описанной для яблок технологии, получают две фракции порошков. Отличительной особенностью данной технологии является то, что дезодорацию измельченной столовой свеклы совмещают с процессом сушки на первой стадии его процесса, обработкой высоковолажным высокотемпературным теплоносителем. При этом разрыв ци-

топлазменной оболочки клетки проводя и дезодорации (улетучиванию) неприятных ароматических составляющих, находящихся внутри клетки.

В результате получают пищевые порошки в количестве 75-85 % и кормовые - в количестве 15-25 % общего количества сухого продукта.

По описанным технологиям можно перерабатывать на порошок практически все семечковые фрукты, ягоды, овощи или их выжимки. Основным требованием является наличие твердой консистенции растительной ткани. В тоже время есть целый ряд жидких и пастообразных продуктов, которые необходимо перерабатывать на порошок, это различные соки пюре и др. Разработана технология, позволяющая на технологическом оборудовании, предназначенном для производства порошков из фруктов и овощей, получать порошки из жидких и пастообразных продуктов.

По этой технологии жидкий или пастообразный продукт смешивают с порошкообразным наполнителем. В качестве наполнителя используют кормовой яблочный порошок. В зависимости от вязкости исходных продуктов соотношения смешиваемых масс составляет 3:1 до 10:1 до получения кинематической вязкости смеси,  $\nu = (25-30) \cdot 10^4$ . Полученная смесь по вязкости напоминает выжимки. Полученную смесь гранулируют, сушат до низкой влажности ( $W_k \sim 5\%$ ), охлаждают, диспергируют и разделяют на порошок, состоящий из высушенного жидкого или пастообразного продукта ( $d < 0,3$  мм) и порошок-наполнитель, который был внесен вначале процесса ( $d > 0,25$  мм). Соотношения получаемых сухих порошков пропорциональны начальному внесению составных масс. Порошок-наполнитель можно использовать многократно.

В результате разработано девять ресурсосберегающих безотходных теплотехнологий производства фрукто-ягодных порошков, оцененных авторскими свидетельствами.

Разработаны и утверждены технические условия и технологические инструкции на порошки из цельных и сушеных яблок, столовой свеклы, тыквы, моркови, капусты, яблочных выжимок и кормовой яблочный порошок.

#### 8. Разработка и внедрение технологических линий производства порошков из растительного сырья

В основу разработанных технологических линий производства порошков из растительного сырья положены следующие предпосылки:

минимальное потребление тепловой и электрической энергии; высокая производительность линий; надежность работы оборудования и простота его обслуживания; удобство обслуживания при осуществлении разработок технологического процесса; минимальные затраты ручного труда; универсальность оборудования т.е. возможность использования его для переработки различных видов растительного сырья.

Большинство плодоперерабатывающих предприятий работают 2 - 3 месяца в году. Поэтому первое поколение технологических линий для производства порошков, прежде всего из яблочных выжимок, было разработано наиболее простым и универсальным.

Периодически-циклическая линия производства порошков из фруктово-ягодных выжимок с многозонной туннельной сушильной установкой состоит из участка подготовки сырья к сушке, участка сушки и охлаждения и участка диспергирования, разделения, фасовки и упаковки. На каждом участке линии имеется пульт управления, позволяющий осуществлять, где это необходимо, автоматизированный режим.

Сличительной особенностью этого типа линий является наличие в ее составе многозонных туннельных сушильных установок. Каждая зона сушильной установки работает с рециркуляцией теплоносителя в автономном автоматическом режиме задаваемом с пульта управления. Это позволяет осуществлять ступенчатые режимы сушки и вести процесс с малыми энергозатратами, удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги примерно 4187 кДж/кг. В зависимости от производственных условий нагрев чистого воздуха осуществляется в паровых калориферах или тепловых генераторах, работающих на жидком топливе или газе.

Было разработано шесть различных типоразмеров технологических линий с производительностью по сырым выжимкам от 200 кг/г до 1500 кг/г. За сезон (100 дней) на таких линиях можно выработать от 50 до 330 тонн пищевых порошков.

Периодически-циклическая технологическая линия с производительностью по яблочным выжимкам 1500 кг/г в 1982 г. была сдана государственной комиссии. Всесоюзная приемочная комиссия на основании приемочных испытаний рекомендовала линию к серийному производству с присвоением ей высшей категории качества.

Было внедрено свыше 40 периодически-циклических технологических линий по производству порошков из яблочных выжимок. В 1985 г. Чехословацкая фирма "Лико" приобрела лицензию на техноло-

гию и контракт на такую технологическую линию, которая успешно введена в эксплуатацию на предприятии "Фрукона" г.Сабинов.

В 1992 г. создано совместное Вьетнамско-Украинское предприятие "Докифа" по производству порошков из бананов и манасов с производительностью до 500 тонн порошков за сезон на периодически-циклической технологической линии.

Недостатком периодически-циклических линий является наличие ручного труда при загрузке и выгрузке сушильных поддонов из тележки сушильной установки. Поэтому была разработана механизированная технологическая линия, которая состоит из участка подготовки сырья к сушке, участка сушки, участка диспергирования, просеивания и упаковки.

Отличительной особенностью этой линии является наличие пяти-ленточной конвейерной сушильной установки и аппаратов досушки и измельчения.

Конвейерная сушильная установка имеет выносные паровые калориферы, систему охлаждения материала непосредственно на последних двух ленте сушильной установки и контур для рециркуляции теплоносителя.

Аппарат досушки и измельчения представляет собой диспергатор ударного способа действия в зону измельчения которого подается от сушильной установки горячий теплоноситель.

Анализ работы механизированной технологической линии показал, что производительность по испаренной влаге, суммарная влажность с единицы поверхности и объема в представленной сушильной установке более чем на 10 % выше, чем у известных установок марок 4-КС-90, СПК-4Г-90, СЮ-90 и РСНВ 750-К (ЧСР). Удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги колеблется и зависит от начальной влажности выжимок 5024-5280 кДж/кг.

Разработано два типоразмера механизированных линий.

Производительность линии по сырью (выжимке) 700-1300 кг/ч в зависимости от типоразмеров линии. Технические показатели механизированных технологических линий позволяют использовать их на предприятиях, перерабатывающих 2000-5000 тонн яблок за сезон и имеющих 1000-2000 тонн выжимок.

На плодперерабатывающих предприятиях было внедрено около пяти механизированных технологических линий.

С целью удлинения срока работы технологических линий была разработана универсальная линия производства порошков из цельных и сушеных до равновесной влажности яблок (рис.4).

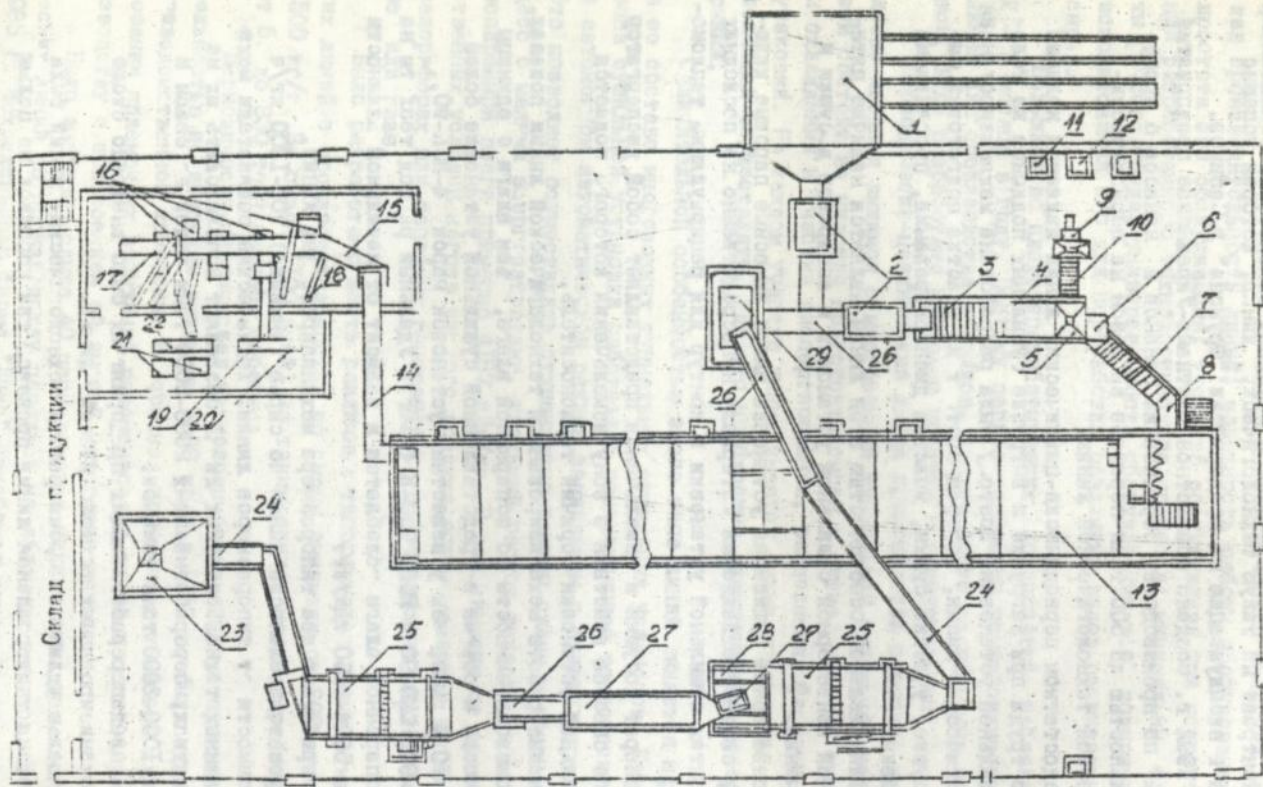


Рис. 4 Схема универсальной технологической линии

Технологическая линия, состоит из участка подготовки сырья к сушке (поз. I-II), участка сушки (поз. I2-I3), участка диспергирования, разделения, фасовки и упаковки (поз. I4-22).

В соответствии с технологией яблоки замачиваются в емкости с водой (поз. I), моются в вентиляторных моечных машинах (поз. 2, 4), инспектируются (поз. 3), дозируются в бункере (поз. 5), режутся на гофрированные кружки на машине типа "Ритм" (поз. 6), транспортируются (поз. 7, 8), раскладываются равномерным слоем из донте сушильной установки (поз. I3), гигротермически обрабатываются обезвоживаются до низкой влажности, охлаждаются и все это осуществляют в сушильной установке (поз. I3). Сухие охлажденные блоки транспортерами (поз. I4, I5, I7) подаются на измельчение в диспергаторы дробилки КДУ (поз. I6) и охлаждаемым пневмотранспортером (поз. I8) порошки подаются в ситовой сепаратор типа ЗРШ, где разделяются на фракции. Пищевую фракцию (поз. I9, 20) и кормовую фракцию (поз. 22) фасуют в крафт-мешки с полиэтиленовыми вкладышами на весах типа ДА, которые герметизируются и зашиваются (поз. 21) на мешкозашивочной машине ЗЗМ.

При переработке сухофруктов используется мешкопрокидыватель (поз. 9) и транспортер (поз. I0), который высушенные до равновесной влажности яблоки подает в бункер дозатор (поз. 5), а процесс продолжается по обычной схеме.

При переработке овощей линия имеет участок для их подготовки к сушке. На этом участке овощи (столовая свекла, морковь) подаются в приемную емкость (поз. 23), транспортируются (поз. 24), моются в барабанной моечной машине (поз. 25), инспектируются на роликовом транспортере (поз. 26, 27), бланшируются в ковзовом бланшировальнике (поз. 27, 28), моют в барабанной мойке (поз. 25), где снимается кожура с корнеплодов, затем транспортируются (поз. 24, 25) в бункер накопитель (поз. 29) и отсюда транспортер 4 (поз. 26) мытые корнеплоды поступают на переработку, которая описана выше.

Сушилка или агрегат гигротермической обработки, сушки и охлаждения выполнен в виде двухс. Циклонной многозонной ленточной установки с рециркуляцией теплоносителя, движущегося по перекрестно-противоточной схеме. В начале сушилки имеется зона, где осуществляется обработка материала высокотемпературным высокотемпературным теплоносителем, две зоны в которых осуществляется охлаждение материала и 3 сушильных зон с автоматическим поддержанием температуры в зонах. Нагрев воздуха осуществляется в паровых калориферах.

Возможность осуществлять ступенчатые режимы сушки, низкие

удельные расходы теплоты при испарении влаги (4137 кДж/кг), высокая производительность (1250 кг/ч по испаренной влаге), возможность проводить несколько технологических процессов в одной установке ставит ее в один ряд с лучшими зарубежными образцами, используемыми для производства сушеных продуктов.

Проведение диспергирования материала путем многократного дробления с отбором пищевых порошков позволяет осуществлять получение порошков с низкими энергетическими затратами.

Производительность линии по цельным яблокам и овощам около 1500 кг/ч, процентный выход пищевых порошков из сухого продукта 70-80 %.

За сезон (100 дней) на линии можно получить около 430 тонн пищевых и порядка 180 тонн кормовых порошков. Если же цельные яблоки сушить до равновесной влажности, складировать, а затем получать порошки, тогда можно получить почти на 100 тонн больше пищевых и на 50 тонн больше кормовых порошков. Длительность сезона увеличивается в 1,5 раза. При обеспечении технологической линии в зимне-весенний период сухофруктами или овощами, сезон переработки увеличивается еще на 100 дней, тогда на линии можно произвести порядка 1000 тонн пищевых и 400 тонн кормовых порошков.

Технологическая линия успешно сдана межведомственным комиссиям (при получении порошков из цельных яблок, сухофруктов и овощей).

Совет Министров Украины в 1988 г., учитывая актуальность и целесообразность переработки фруктов и овощей на порошки с последующим использованием порошков в пищевых изделиях, принял решение о внедрении этой разработки на предприятиях республики.

Внедрено 6 универсальных технологических линий. В 1993 г. создано совместное Китайско-Украинское предприятие "Европа-Азия" по производству порошков из яблок и столовой свеклы на универсальной технологической линии.

Разработанные технологические линии защищены авторскими свидетельствами.

#### 9. Использование порошков и эффективность разработанных ресурсосберегающих теплотехнологий

Порошки наиболее полно отвечают требованиям современного рационального специального питания своей готовностью, разнообразием, удобством к употреблению, возможностью транспортирования в любые отдаленные районы страны, способностью к длительному хра-

нению, легкостью нормирования, использованием, и, самое главное, обладают лечебно-профилактическими свойствами.

Экспериментальные исследования, проведенные в Институте микробиологии и вирусологии им. Д.К.Заболотного АН Украины (ИМБВ), показали, что яблочный порошок обладает достаточными радиопротекторными свойствами. К положительным качествам яблочного порошка относится его способность стимулировать эвакуацию из кишечника содержимого.

Исходя из химического состава пищевых порошков, суточная профилактическая доза употребления порошков составляет 20-10 гр.

Совместные исследования, проведенные с Киевским институтом им. А.А.Богомолца, показали, что таблетирование - наиболее удобная форма использования фруктово-ягодных порошков. Например, при таблетировании яблочного порошка его содержание в таблетке не менее 50 %, остальное лекарственные составляющие.

По заключению Пятигорского фармацевтического института, сухие фруктовые и овощные порошки, благодаря их физико-химическим свойствам, можно рассматривать как новые вспомогательные вещества при создании фармацевтических и лекарственных средств.

Киевским и Московским технологическими институтами пищевой промышленности (КТИП, МТИП), специалистами Министерства хлебопродуктов Украины и др. разработано около 10 наименований различных видов хлебобулочных изделий с фруктово-ягодными и овощными порошками.

Ученые исследования в условиях ИМБВ и ВНИИГИНТОИС показали, что включение в рацион наблюдаемых больше 270 г хлеба с яблочным порошком на протяжении 2-3 недель способствует активации выделения комплекса радионуклидов из организма человека в среднем на один порядок величин. Наиболее активно связывались и выводились из организма человека изотопы радия, тория, цезия, циркония, ниобия, рутидия.

В МТИП разработан способ активации прессованных и сушеных дрожжей с использованием гидролизованного яблочного порошка. В развоочном цикле приготовления жидких дрожжей рекомендуется использовать гидролизированный порошок из яблочных выжимок. Это позволяет сократить расход жидких дрожжей на 5 %.

По органолептическим показателям изделия порошками отличаются более интенсивной окраской поверхности и, разбухаемость и эластичность мякиша хорошая. Все изделия имеют приятный аромат и более выраженный кислый вкус, который сохраняется больше времени.

В хлебе с порошками содержится больше сахаров, кислот, а также неуглеводных веществ. Это является предпосылкой для улучшения сохранения его свежести.

По заключению ИТИШ потребность во фруктово-ягодных порошках для хлебопекарной промышленности при использовании его в количестве 3-5 % массы муки при производстве хлеба из ржаной и пшеничной муки, а также при приготовлении пряников составит около 55 тыс. тонн в год. При расширении ассортимента изделий с порошками потребность в нем еще более возрастет.

Специалистами предприятий Укркондитерпрома, бывшего Всесоюзного НИИ кондитерской промышленности, НИУ "Спектр" и других организаций, разработано свыше 40 новых рецептов и технологий использования фруктово-ягодных порошков при выработке различных кондитерских изделий.

Фруктово-ягодные порошки в кондитерских изделиях хорошо сочетаются с молоком, орехово-пряничными, шоколадными продуктами, снижая часто их приторность и калорийность. Использование порошков позволяет не только повысить пищевую и биологическую ценность изделий, но и высвободить значительное количество сахара, какао-порошка, лимонной кислоты, сухого молока, значительно уменьшить расход жира. При этом из высвобожденных ресурсов можно вырабатывать дополнительную продукцию. Потребность кондитерской промышленности Украины не менее 10000 тонн в год.

Исследования, проведенные совместно с Киевским торгово-экономическим институтом (КТЕИ), показали возможность использования в общественном питании фруктово-ягодных и овощных порошков путем создания на их основе готовых кулинарных изделий и полуфабрикатов высокой степени готовности.

КТЕИ разработано и утверждено около 100 рецептов блюд и изделий с фруктовыми и овощными порошками. В ряде изделий уменьшено количество дорогостоящего сырья, входящего в традиционную рецептуру, и снижена калорийность изделий. Полученные изделия и блюда с порошками имели стандартную влажность и достаточно высокие органолептические показатели. Консистенция соответствовала требованиям. Добавленные порошки придавали изделиям оригинальный вкус и аромат. Кроме того, стоимость отдельных изделий с порошками несколько дешевле, чем приготовленных по традиционной рецептуре.

Использование порошков в общественном питании потребует их производство на уровне 50-60 тыс. тонн в год.

Совместно с Украинским НИИ мясомолочной промышленности (УкрНИИМ), Московским ПО "Молоко", Киевским хлебокомбинатом № 1 и др. разработаны новые виды молочных изделий с фруктово-ягодными порошками. Производство новых молочных продуктов позволяет значительно расширить ассортимент и в некоторых случаях снизить себестоимость продукции, повысив при этом ее пищевую ценность. Потребность в порошках молочной промышленности оценивается в несколько тысяч тонн в год.

Известно, что сочетание мяса и растительного сырья повышает сбалансированность аминокислот, минеральных веществ, витаминов, и снижает калорийность изделий. Мясо-растительные композиции лучше перевариваются и усваиваются. Растительное сырье способствует улучшению структуры изделий благодаря их выраженной стабилизирующей и эмульгирующей способности. УкрНИИМ разработано ряд мясных изделий с порошками, которые заслужили высокую оценку специалистов-технологов.

Разработаны и утверждены (Белореченский райхлебокомбинат, Россия) фруктовые напитки на основе кормовой фракции яблочных порошков.

Исследованиями Украинской сельскохозяйственной академии по изучению скармливания кормового яблочного порошка крупному рогатому скоту и свиньям, разработаны оптимальные нормы введения его в рацион кормления. Оказалось, что использование в кормлении животных яблочного порошка способствует повышению продуктивности молочных коров, молодняка, крупного рогатого скота и свиней на откорме.

Объемы потребления порошков, при использовании их различными отраслями, могут составить до сотни тысяч тонн в год, на что потребуется создание десятков линий.

Порошки, используемые в различных видах пищевых изделий, содержат там ценные пищевые органические кислоты, сахара (фруктоза, глюкоза) и пектин. Сравнение энергос затрат при производстве этих пищевых веществ традиционным способом и разработанным способом получения порошков показало, что стоимость энергос затрат по традиционной технологии в 6,5 раза больше, чем по разработанной технологии.

Разработанный способ производства фруктово-ягодных порошков сравнивался с существующими сегодня другими способами производства (пеносушки, сублимационной, валцовой и распылительной сушки) по приведенным затратам в ценах до 1992 г.

Проведенный анализ различных технологий производства порошков из цельных яблок показывает, что если принять за единицу технологию получения порошка при помощи сублимационной сушки, то технология с использованием пеносушки имеет показатель 0,52, с использованием распылительной сушки - 0,51, с использованием вальцовой сушки - 0,49 и разработанная технология - 0,39.

Преимущества разработанной технологии заключаются в низких энергозатратах, более рациональном использовании исходного сырья, а также простоте обслуживания технологического оборудования, требующего рабочих невысокой квалификации.

Эффективность производства и использования порошков подсчитанная в ценах до 1992 г. показала, что все технологические линии эффективны. Срок окупаемости технологических линий, в зависимости от количества произведенного порошка, составляет 0,7-1,8 года.

Согласно данным нескольких организаций эффективность при цене порошка составила примерно 2000 руб./т. По данным ЦСУ СССР только в 1982-83 г.г. было произведено 2807 тонн яблочных порошков, в результате годовая эффективность составила примерно 6,5 млн. р.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Установлены и обобщены новые закономерности при сушке коллоидных капиллярно-пористых тел растительного происхождения высоковлажным высокотемпературным теплоносителем, изменяющие содержание растворимого пектина, цвет и вкус готового продукта, а при увеличении температуры сушки свыше 100 °C приводящие к потере ценных пищевых составляющих, причем наибольшие потери приходится на витамин С, затем пектины, кислоты и сахара, позволившие получить продукты с наперед заданными свойствами.

2. Исходя из зависимости числа Ребиндера от текущего влагосодержания и проведенных исследований кинетики сушки, обосновано использование многостадийных режимов сушки и обобщено для фруктово-ягодного сырья. Разработаны многостадийные режимы сушки ускоряющие процесс сушки в 2-3 раза, для пяти видов фруктов, ягод и их выжимок, защищенные авторскими свидетельствами.

3. Установлены тепловлажностные условия при которых материал, не теряя качественных показателей исходного сырья, из пластического состояния переходит в хрупкое, что позволило диспергировать его и получить порошок.

4. Определены физико-механические и теплофизические условия диспергирования сухого материала, позволившие установить и обобщить закономерность, что при получении порошков для сахаросодержащего сырья необходим ударный способ измельчения, а для жиросодержащего-истирающий и раздавливающий способ действия.

5. Установлена доминирующая роль коэффициента сжимаемости и термопластичности порошков на их разделение на фракции, состоящие из составных частей фруктов, ягод и их выжимок.

6. Определены теплофизические, структурно-механические, сорбционные и химические характеристики пищевой и кормовой фракции порошков, установлены их энергетическая и пищевая ценность, оптимальные условия регидратации в различных жидкостях, условия хранения и микробиологической устойчивости, позволившие получить расчетные зависимости для проектирования оборудования и рекомендации по использованию порошков.

7. Установлены оптимальные тепловлажностные условия получения и использования порошков при которых их комплексообразующие свойства имеют максимальную активность. Показано, что наличие в порошках ценных биологически активных веществ, способность связывать ионы тяжелых металлов, в том числе радиоактивных, обуславливает лечебно-профилактические свойства порошков.

8. Разработаны новые ресурсосберегающие безотходные тепло-технологии производства порошков из яблочных, цитрусовых и виноградных выжимок, цельных и сушеных фруктов и овощей, а также технологии производства студнеобразующего порошка из яблочных выжимок и порошка с повышенными желеобразующими свойствами из яблок (защитены авторскими свидетельствами).

9. Создано три поколения новых технологических линий производства порошков из фруктово-ягодного сырья и эличной производительности (защитены авторскими свидетельствами), которые сдали Межведомственным приемочным комиссиям и внедрены более чем на 55 предприятия страны и за рубежом. Эффективность производства и использования 1 тонны порошков составляет 2,3 тыс.рублей.

10. Разработано свыше 150 новых видов кондитерских, хлебобулочных, молочных изделий и блюд общественного питания с фруктово-ягодными и овощными порошками, которые имеют повышенную пищевую ценность, а ряд изделий обладает диетическими и лечебно-профилактическими свойствами; потребность в порошке порядка

100 тыс. тонн порошков в год.

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$W$  - влажность, %;  $d$  - влагосодержание, грамм на килограмм сухого воздуха;  $T, t$  - температура, °C или K;  $V$  - скорость, м/с;  $\varphi$  - относительная влажность, %;  $\chi$  - относительный коэффициент сушки;  $N/N^*$  - скорость (обобщенная) сушки %/мин;  $\tau$  - время, мин;  $dT/dU$  - температурный коэффициент;  $Re$  - число Рейнольдса;  $Nu$  - число Нуссельта;  $Bi$  - число Био;  $Re$  - число Рейнольдса;  $\lambda$  - теплопроводность, Вт/м.К;  $C$  - теплоемкость, Дж/кг.К;  $\alpha$  - температуропроводность, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  - плотность кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с.

### СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

#### Авторский коллектив

1. А.с. 682740. Способ сушки пищевых продуктов / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Крупко С.И., Чавдаров А.С., Снежкин Ю.Ф., Крыжановский И.С. / - 1979. - с.3.

2. А.с. 759079. Способ сушки яблочной выжимки / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Шелиманов В.А., Чавдаров А.С., Крупко С.И., Снежкин Ю.Ф., Крыжановский И.С. / - 1980. - с.3.

3. А.с. 762840. Способ сушки фруктовой выжимки / Боровский В.Р., Чавдаров А.С., Снежкин Ю.Ф., Джджишвили Г.С., Аргунь А.М., Орлов А.С. / - 1980. - с.2.

4. А.с. 794799. Установка для получения порошка из фруктового и овощного сырья / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф. / - 1980. - с.6.

5. А.с. 822398. Способ сушки выжимок из фруктов и овощей / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф. / - 1980. - с.4.

6. А.с. 932668. Способ сушки фруктовой и овощной выжимки / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф. / 1980. - с.4.

7. А.с. 941814. Способ сушки термочувствительных материалов / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф., Мироненко Л.Н. / - 1977. - с.4.

8. А.с. 947985. Способ получения порошков из жидких и пастообразных продуктов / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф. / - 1980. - с.5.

9. А.с. 987868. Установка для получения порошка из фруктового и овощного сырья / Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Кремнев В.О., Снежкин Ю.Ф. / - 1981. - с.4.

10. А.с. 999717. Способ сушки термочувствительных материалов / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф. / - 1981. - с.3.

11. А.с. 1003792. Способ получения порошков из овоа / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф., Боряк Л.А. / - 1981. - с.6.

12. А.с. 1079015. Установка для сушки фруктового и овощного сырья / Боровский В.Р., Кремнев В.О., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф., Педанов В.Г. / - 1983. - с.4.

13. А.с. 1117873. Способ получения студень-образующего порошка из яблочных выжимок / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф., Мироненко Л.И., Шаферостова Е.С. / - 1983. - с.6.

14. А.с. 1151049. Установка для сушки термочувствительных материалов / Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Ю.Ф., Ойшпиз Д.Ф., Кремнев В.О. / - 1984. - с.4.

15. А.с. 1245777. Способ сушки фруктовых выжимок / Боровский В.Р., Снежкин Ю.Ф., Боряк Л.А., Радовольский Г.В., Полчек Е.И., Грабов Л.Н. / - 1985. - с.5.

16. А.с. 1188930. Способ получения яблочного порошка / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Снежкин Ю.Ф., Грабов Л.Н., Гинзбург А.С., Избасаров Д.С., Азаров А.Н. / - 1985. - с.7.

17. А.с. 1562987. Линия получения порошка из фруктового сырья / Боровский В.Р., Снежкин Ю.Ф., Курило Г.С., Воспитанников Г.К., Маркитан С.В., Лопатин В.В. / - 1990. - с. .

18. А.с. 1607107. Способ получения яблочного порошка / Боровский В.Р., Снежкин Ю.Ф., Воспитанников Г.К., Боряк Л.А., Курило Г.С., Шапарь Р.А. / - 1990. - с.7.

19. А.с. 1608953. Способ получения порошка из фруктов / Боровский В.Р., Снежкин Ю.Ф. / - 1990. - с.7.

20. А.с. 1607100. Способ получения пищевых порошков из яблок / Боровский В.Р., Снежкин Д.Ф., Тутова Э.Г., Фруман Т.Э., Боряк Л.А., Воспитанников Г.К., Курило Г.С. / - 1991. - с.6.

21. А.с. 1763829. Устройство для сушки растительного материала / Снежкин Д.Ф., Хавин А.А., Воспитанников Г.К. / - 1992. - с.6.

22. А.с. 778229. Способ получения пищевого красителя из растительного сырья / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Карпович Н.С., Снежкин Д.Ф., Крупко С.И., Крыжановский И.С., Боряк Л.А. / - 1980. - с.4.

23. А.с. 790392. Способ сушки гранулированных выжимок из фруктов и овощей / Кремнев О.А., Боровский В.Р., Грабов Л.Н., Снежкин Д.Ф. / - 1980. - с.4.

24. А.с. 1086676. Установка для сушки и измельчения слипающихся материалов / Боровский В.Р., Кремнев В.О., Грабов Л.Н., Снежкин Д.Ф. / - 1982. с.4.

25. А.с. 1540784. Способ получения сушеного картофеля / Снежкин Д.Ф., Боряк Л.А., Радовольский Г.В., Шапарь Р.А. / - 1989. - с.6.

26. А.с. 1765931. Способ получения пищевого порошка из ягод / Снежкин Д.Ф., Боряк Л.А., Радовольский Г.В., Воспитанников Г.К., Избасаров Д.С., Мнацаканян Р.Г. / - 1992. - с.7.

27. А.с. 4824618/13. Композиция для получения глазури для мороженого / Снежкин Д.Ф., Лисиченок С.Л., Шапарь Р.А. / - 1991.

#### Статьи, доклады, сообщения

28. Снежкин Д.Ф. Исследование процессов сушки и сепарации яблочных выжимок с целью получения фруктового порошка // Научная думка. Теплообмен одно- и двух фазных средах. - 1981. - с.4.

29. Снежкин Д.Ф. Исследование процесса сушки яблок // Научная думка. Теплообмен в одно- и двухфазных средах. - 1981. - с.4.

30. Боровский В.Р., Снежкин Д.Ф., Быкова Г.П., Боряк Л.А. Изучение условий получения и хранения порошков из яблок и яблочных выжимок // Научная думка. Промышленная теплотехника, т.4, № 4, - 1982. - с.3.

31. Боровский В.Р., Снежкин Д.Ф., Боряк Л.А., Казачинская Н.В.

Применение методов математического плана проф. ия экспериментом и исследование процесса сушки // Научная думка. Промышленная теплотехника, т.4, № 2, - 1982, - с.2.

32. Снежкин В.Ф., Горяк Д.А. Влияние размера образцов и направления движения теплоносителя на процесс сушки яблочной выжимки // Научная думка. Промышленная теплотехника, т.5, № 2, - 1983, - с.3.

33. Боровский В.Р., Снежкин В.Ф., Горяк Д.А. Метод расчета длительности процесса сушки // ИСМ ВСНТО В кн.: Оптимизация процессов сушки: Тез. докл. - 1983, - с.1.

34. Снежкин В.Ф., Горяк Д.А., Луцки А.Ф., Выхова Г.И. Исследование форм связи влаги при конвективной сушке зерновки // Техника. Пищевая промышленность, № 4, - 1983, - с.2.

35. Снежкин В.Ф., Лисиченко С.Д. Факторы влияющие на качество порошков из яблочных выжимок // Техника. Пищевая промышленность, № 4, - 1984, - с.3.

36. Снежкин В.Ф., Горяк Д.А. Исследование процессов диспергирования сухих растительных материалов // Научная думка. Промышленная теплотехника, т.7, № 1, - 1985, - с.3.

37. Кремнев О.А., Снежкин В.Ф., Кавин А.А., Клименко Л.В. Сравнение различных методов производства пищевых порошков // Пром. теплотехника т.7, № 5, - 1985, - с.4

38. Снежкин В.Ф., Горяк Д.А. Исследование теплообмена при сушке яблочных выжимок // Научная думка. Пром. думка и теплотехника, т.8, № 3, - 1986, - с.4.

39. Боровский В.Р., Снежкин В.Ф., Воспитаников Г.И., Курдыо Г.С., Вурьяненко И.В. Производство пищевого порошка из яблок // Агрпромиздат. Плодосовощное хозяйство, № 7, - 198, - с.2.

40. Снежкин В.Ф., Гук Т.Н., Горяк Д.А. Определение равновесной влажности пищевых порошков из плодовых выжимок // Пищевая и перерабатывающая промышленность № 12, - 1986, - с.3.

41. Кремнев О.А., Снежкин В.Ф., Горяк Д.А., Радовольский Г.В. Экспериментальное исследование процессов конвективной сушки фруктовых выжимок // Научная думка. Тепло- и массообменные процессы. Сб. научных трудов - 1986, - с.5.

42. Снежкин В.Ф., Горяк Д.А., Лисиченко С.Д., Луценко М.В.

Регидратация яблочных порошков // Агропромиздат. Пищевая промышленность, № 10, - 198 . - с.3.

43. Снежкин Д.Ф., Лисиченко С.Л. Химический состав и пищевая ценность яблочных порошков // Техника. Пищевая промышленность, № 2, - 1988. - с.2.

44. Снежкин Д.Ф., Лисиченко С.Л., Хавин А.А., Городняя Е.П. Свойства пищевых порошков из растительного сырья // Техника. Пищевая промышленность, № 2, - 1988. - с.2.

45. Снежкин Д.Ф., Торяк Л.А., Радовольский Г.В., Избасаров Д.С., Шаларь Р.А. Кинетика и расчет теплообмена при сушке растительного сырья // Междуародный форум. В кн.: Теплообмен. Тез. докл., 1988 - с.3.

46. Коломиец Д.П., Изуренко А.Г., Снежкин Д.Ф. Измерение теплофизических свойств сыпучих материалов // Всесоюзное совещание-семинар молодых ученых. В кн.: Новейшие исследования в области теплофизических свойств. Тез. докл. - 1988. - с.1.

47. Снежкин Д.Ф., Избасаров Д.С. Технология производства пищевых порошков из яблочных выжимок: (рекомендации) // Кайнар, Госагропром КазССР, - 1988. - с.28.

48. Снежкин Д.Ф., Избасаров Д.С. Производство фруктовых порошков из цельных яблок и сухофруктов (рекомендации) // Кайнар, Госагропром КазССР. - 1988. - с.26.

49. Снежкин Д.Ф., Хавин А.А., Лисиченко С.Л., Тепловая обработка и содержание нитратов в продуктах // Москва. Техника. Пищевая промышленность, № 8. - 1991. - с.2.

50. Снежкин Д.Ф., Лисиченко С.Л., Хавин А.А. Влияние предварительной обработки яблочного сырья на выход пектина // Техника. Пищевая промышленность № 1, - 1992. - с.2.

#### Нормативно-технические документы

51. ТУ III-4-7-82. Порошок из яблочных выжимок. - Министерство плодоовощного хозяйства СССР. Госстандарт СССР. 1982. - с.7.

52. ТУ 18 УССР 666-85. Порошок из яблок. - Министерство пищевой промышленности УССР. 1985. - с.9.

53. ТУ 18-03-307-86. Порошок яблочный. - Госагропром СССР. Госстандарт СССР. 1989. - с.1.

54. Ту 18 : р 57-92. Порошки овсяные из моркови, столовой свеклы, капусты и тыквы. - Государственный комитет Украины по пищевой промышленности. 1992. - с.8.

Зак. 226.

Тираж 100 экз.

9.11.93г. Формат 0х90/16, Объем 3 1 п.л.

НИИП "МАСМА". Киев-180, пр.Дзержинна, 46

# ДЛЯ ЗАМЕТОК

43. Савкина В.В., Давыдова С.А. Развитие мышления и познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
44. Савкина В.В., Давыдова С.А., Денис А.А., Тихонова Е.В. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
45. Савкина В.В., Тарас А.А., Тихонова Е.В., Давыдова С.А., Денис А.А. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
46. Киселева Д.А., Давыдова С.А., Савкина В.В. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
47. Савкина В.В., Тихонова Е.В. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
48. Савкина В.В., Давыдова С.А. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
49. Савкина В.В., Давыдова С.А., Денис А.А. Развитие познавательных способностей дошкольников // Труды психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

51. ИИ 111-4-74. Вопросы к экзамену по психологии. - М.: Издательство психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
52. ИИ 111-4-74. Вопросы к экзамену по психологии. - М.: Издательство психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
53. ИИ 111-4-74. Вопросы к экзамену по психологии. - М.: Издательство психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.
54. ИИ 111-4-74. Вопросы к экзамену по психологии. - М.: Издательство психологического факультета МГУ. - 1988. - с.2.

463056

Ab28.678

**AB 28.678**