**Литвинюк Надежда Юрьевна. Совершенствование процесса сублимационной СВЧ-сушки плодово-ягодных соков : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.02.- Ижевск, 2001.- 198 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-5/1256-8**

**ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

**(ИжГСХА)**

**На правах рукописи**

**ЛИТВИНЮК НАДЕЖДА ЮРЬЕВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУБЛИМАЦИОННОЙ**

**СВЧ-СУШКИ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ соков**

**Специальность 05.20.02 - электротехнологии и электрооборудование в**

**сельском хозяйстве**

**Диссертация**

**на соискание ученой степени**

**кандидата технических наук**

**Научный руководитель кандидат техн, наук, профессор Фокин В.В.**

**Научный консультант кандидат техн. наук, Касаткин В.В.**

**ИЖЕВСК - 2001**

**СОДЕРЖАНИЕ**

**ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ИНДЕКСЫ 5**

**ВВЕДЕНИЕ 9**

**Глава 1. Состояние вопроса. Цель и задачи исследований 14**

**1.1 Анализ экспериментальных и теоретических работ по**

**интенсификации процесса сублимационной сушки 14**

**1.1.1 Физические основы интенсификации процесса**

**сублимационной сушки 14**

**1.1.2 Сублимационная сушка материала в тонком слое 21**

**1.1.3 Сублимация гранулированного продукта в виброслое 23**

**1.1.4 Сублимация в поле токов высокой частоты 26**

**1.2 Эффективность процесса сушки с СВЧ-энергоподводом 29**

**1.2.1 Физические основы процесса СВЧ-сушки 29**

**1.2.2 Условия эффективности получения концентратов СВЧ-сушкой 32**

**1.3 Пути решения вопросов здорового питания 36**

**1.3 Л Проблема здорового питания на пороге третьего тысячелетия 36**

**1.3.2 Роль плодово-ягодных и овощных соков в профилактике**

**заболеваний 41**

**1.4 Цель и задачи работы 46**

**Глава 2. Характеристика плодово-ягодного сырья и его изменения**

**при переработке 48**

**2.1 Химический состав и пищевая ценность плодов и ягод 48**

**2.2 Обоснование выбора объектов сушки 55**

**2.3 Биохимические изменения плодово-ягодного сырья при**

**консервировании 57**

**2.4 Статика процесса сушки растительного сырья 62**

**з**

**2.4.1 Влажность и влагосодержание материала 62**

**2.4.2 Теплофизические характеристики материала 74**

**2.4.3 Термодинамика сушки 77**

**2.5 Электрические свойства пищевых продуктов 80**

**2.6 Требования к качественным показателям лиофилизированных соков 81**

**2.7 Выводы по второй главе 89**

**Глава 3. Теоретическое обоснование конвективно - диэлектрической**

**сушки при пониженном давлении среды 90**

**3.1 Особенности конвективно-диэлектрической сушки при пониженном**

**давлении среды 90**

**3.2 Id - диаграмма влажного воздуха для условий низкого вакуума 92**

**3.3 Изображение процесса КВД сушки соков на Id - диаграмме 97**

**3.4 Теоретические исследования 99**

**3.4.1 Испарительное самозамораживание 99**

**3.4.2 Сушка под действием ИК- излучения 100**

**3.4.3 Сушка под действием СВЧ - энергии и газа 103**

**3.5 Выводы по третьей главе 106**

**Глава 4. Экспериментальные исследования сублимационной сушки**

**плодово-ягодных соков на УСС-КВД-01 107**

**4.1 Методы и аппаратура для экспериментального исследования процессов**

**испарительного замораживания и сублимационной сушки соков 107**

**4.2 Разработка системы управления 111**

**4.2.1 Узел управления ВРИМ 468332.004 113**

**4.2.2 Субблок управления системой обеспечения холода (СУСХ) ИЗ**

**4.2.3 Субблок управления системой распыления (СУСР) 115**

**4.2.4 Субблок управления системой нагрева (СУСН) 117**

**4.2.5 Субблок управления агрегатом вакуумным (СУАВ) 117**

**4.2.6 Блок управления (БУ) агрегатом вакуумным (СУАВ) 120**

**4.3. Методы определения качественных показателей объектов сушки 122**

**4.3.1 Метод определения аскорбиновой кислоты 122**

**4.3.2 Метод определения влаги 127**

**4.3.3 Метод определения общей кислотности 128**

**4.4 Кинетика сушки 133**

**4.5 Анализ результатов исследований. Выводы 134**

**4.5.1 Анализ результатов экспериментальных и**

**теоретических исследований 134**

**4.5.2 Выводы по четвертой главе 135**

**Глава 5. Разработка технологии сублимационной сушкн плодово¬ягодных соков на установках непрерывного действия 136**

**5.1 Разработка технологии сублимационной сушки плодово-ягодных соков**

**на установках непрерывного действия в едином вакуумном цикле 136**

**5.2 Алгоритм работы установки 137**

**5.3 Рекомендации к использованию новых лиофилизированных**

**продуктов 143**

**5.4 Технико-экономическая оценка производства сублимированных**

**соков 147**

**5.4.1 Режимы сушки плодово-ягодных соков 147**

**5.4.2 Эффективность разработки 148**

**5.5 Выводы по пятой главе 150**

**Общие выводы 151**

**Список использованных источников 153**

**Приложения 170**

**ВЫВОДЫ**

* Разработан способ сублимационной сушки, позволяющий проведение процесса в едином вакуумном цикле на установках непрерывного действия.

На основе теоретических и экспериментальных исследований кинетики сублимационной сушки на установках типа УСС-КВД установлены три стадии процесса:

* испарительное самозамораживание гранулированного продукта при распылении в вакууме в поле ИК-излучения (Тизл = 160..,300°С, Рк =
* .50 Па);
* сублимационная сушка свободной влаги криогранулированного сока в поле СВЧ - энергии (Q = 3... 10 кВт);
* досушка остаточной влаги в принудительном потоке агента сушки при пониженном давлении и положительных температурах (Тг - 20... 40°С, Рг = 500... 5000 Па).
* Разработана математическая модель испарительного самозамораживания и сублимационной сушки, определяющая режимы процесса применительно к установке непрерывного действия.
* Получены аналитические решения математической задачи для

квазистационарных условий непрерывного процесса сублимационного обезвоживания жидких продуктов, определяющие изменение

температурного поля в продукте в зависимости от интенсивности СВЧ- энергоподвода и ряда технологических параметров, а также создающие возможность обоснования технических требований к системе автоматического регулирования и управления установкой.

* Разработаны технология и проект технических условий на соки

сублимационной сушки из облепихи и аронии на установке непрерывного действия с производительностью 1 кг/ч по испаренной влаге. Режимы сушки обеспечивают получение быстрорастворимых сухих соков влажностью

..4,5 % и высокую сохранность витаминов - не менее 90...94 %. Даны

рекомендации по использованию соков, позволяющие обогатить витаминный и минеральный состав большой группы пищевых продуктов, в том числе продуктов лечебно-профилактической направленности.

* Разработана технология на установку УСС-КВД-02 с производительностью по испаренной влаге 10 кг/ч. Технологические задания оформленные по результатам исследований переданы ЗАО «СКТБ - Продмаш» для внедрения на проектируемых установках производительностью 50 и 240 кг/ч по испаренной влаге.
* В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований доказана эффективность и целесообразность применения установок типа УСС-КВД для сушки плодово-ягодных соков. При этом происходит снижение энергозатрат по сравнению с контактной сублимацией в 3 раза,

Установка УСС-КВД-02 и разработанная технология переданы на испытания на муниципальное унитарное предприятие «XIIII № 2» для производства лиофилизированных плодово-ягодных соков. При объеме сушки в год 6000 кг натуральных плодово-ягодных соков годовой экономический эффект составит 111276 руб.