

АННОТАЦИЯ
по диссертационной работе Сатыбалды Сымбат Пердебайкызы
на тему: «Проектирование и расчет оборудования для вакуумной сублимационной
сушки кобыльего молока»
для присуждения степени философии доктора (PhD)
по образовательной программе 8D07110 – «Цифровая инженерия машин и
оборудования»

Актуальность темы исследования

В настоящее время в пищевой и машиностроительной промышленности Республики Казахстан особое значение имеет разработка энергоэффективных, автоматизированных и экологически безопасных технологий и оборудования. Для получения продуктов высокой биологической ценности путем переработки кобыльего и верблюжьего молока (саумал, кумыс, шубат) целесообразно использовать технологию низкотемпературной вакуумной сублимационной сушки.

Традиционные методы конвективной сушки не обеспечивают сохранность аминокислотного и витаминного состава продукта. Поэтому исследование, направленное на проектирование и расчет нового энергоэффективного, автоматизированного оборудования, реализующего процесс вакуумной сублимационной сушки, является актуальной научно-инженерной задачей.

Цель работы

Проектирование и расчет энергоэффективной и производительной конструкции вакуумного сублимационного сушильного аппарата нового поколения для сушки кобыльего молока при низких температурах, создание его цифровой модели и реализация в производственных условиях.

Идея работы

Создание цифрового двойника нового технологического оборудования и его оптимизация на основе моделирования процессов тепло- и массообмена.

Идеи исследования

- Изучение динамики тепло- и массообмена при вакуумной сублимации;
- Проведение расчета прочности основных узлов (сублиматор, конденсатор, вакуумная камера, пневмосистема);
- Проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП);
- Реализация моделирования оборудования в средах Autodesk Inventor, APM WinMachine, COMSOL Multiphysics, Ansys.

Задачи исследования

- Анализ технологий вакуумной сублимационной сушки и определение основных технических параметров;
- Разработка математической модели процессов тепло- и массообмена;
- Проведение расчета прочности и оптимизация конструктивных элементов оборудования;
- Определение рабочих параметров конденсатора и вакуумной камеры;
- Создание 3D-модели и проектирование автоматизированной системы управления;
- Изготовление экспериментального образца и проведение производственных испытаний;
- Оценка технико-экономической эффективности оборудования.
- Научные положения, выносимые на защиту
- Разработана математическая модель, описывающая закономерности тепло- и массообмена при вакуумной сублимации кобыльего молока.

- Предложена новая энергоэффективная конструкция конденсатора, определены его теплообменная поверхность и температурные режимы.
- Проведен расчет прочности вакуумной камеры и теплопередающих элементов в программах APM WinMachine и Autodesk Inventor.
- Создана цифровая модель вакуумного сушильного аппарата, прошедшая апробацию в производственных условиях.

Научная новизна

- Впервые в Казахстане создана цифровая модель вакуумной сублимационной установки для сушки кобыльего и верблюжьего молока.
- Предложен усовершенствованный математический алгоритм расчета движения фронта сублимации.
- Прочность и теплопроводность конденсатора и вакуумной камеры смоделированы методом конечных элементов (МКЭ).
- Разработана новая конструкция конденсатора с многоступенчатой системой охлаждения.
- Создана система управления, обеспечивающая дистанционный мониторинг и автоматическую регистрацию параметров процесса.
- Практическая значимость работы
- На основе результатов исследования изготовлен экспериментальный образец, прошедший производственные испытания
- Новое оборудование снижает энергопотребление до 20 %, улучшает качество продукта и повышает стабильность процесса.
- Оборудование рекомендуется к использованию на отечественных предприятиях пищевой, биотехнологической и фармацевтической промышленности.

Методология и методы исследования

В исследовании использован комплекс аналитических, экспериментальных и численных методов:

- моделирование процессов тепло- и массообмена в средах COMSOL, Maple, Python;
- расчеты прочности в APM WinMachine, Ansys, Autodesk Inventor;
- лабораторные испытания и микробиологический анализ;
- обработка результатов методами математической статистики и регрессионного анализа.
- Личный вклад соискателя
- Разработала математическую модель и алгоритм расчета;
- Спроектировала 3D-модель оборудования и выполнила цифровые расчеты;
- Организовала производственные испытания и анализировала полученные данные;
- Подготовила научные статьи и патентную заявку.
- Обработка результатов исследования
- Экспериментальные данные обрабатывались в программах Python, MATLAB, Excel Engineering Toolkit. Точность модели подтверждена с погрешностью $\pm 5\%$. Корреляционный и регрессионный анализ подтвердили надежность предложенной модели.

Апробация результатов

Результаты исследования были представлены на международных и республиканских научно-технических конференциях, обсуждены на научных семинарах.

Публикации

По результатам докторской диссертации опубликовано:

- 2 статьи в журналах, входящих в базу Scopus (CiteScore, Q1);
- 1 статья в журнале, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МОН РК;
- 3 доклада на международных конференциях;

- Получен 1 патент РК на полезную модель.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений.

Общий объем — 107 страниц, включая 31 рисунков, 6 таблиц, 54 источника литературы и 6 приложений.