

комбикормов оказывает положительное влияние на процесс воспроизводства животных и птицы, способствует предупреждению их заболеваний, связанных с недостатком витаминов и микроэлементов.

Наиболее распространенной технологией по переработке спиртовой барды является её концентрирование в выпарных аппаратах. При этом процесс выпаривания требует значительных энергетических затрат, а утилизация фильтрата спиртовой барды является отдельной задачей, которая не нашла своего решения в отечественном производстве спирта. В настоящее время недостаточное научное обеспечение сдерживает реализацию концентрирования фильтрата с помощью мембранных установок, что не может не отразиться на экономии энергетических затрат.

Именно поэтому тему диссертационной работы следует считать *актуальной*.

Соответствие темы диссертации требованиям «Положения ВАК»

подтверждается тем, что в работе на основании системного подхода проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых разработаны рекомендации по научно-практическому обеспечению энергоэффективного способа получения белкового кормового концентрата из фильтрата барды и производства комбикорма с его использованием.

Научная работа проводилась в рамках Федеральных целевых научно-технических программ Министерства образования РФ и в соответствии с тематическим планом НИР кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ВГУИТ (№ гос. регистрации 01201253866) «Разработка энерго-, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в конкурентоспособные продукты с программируемыми свойствами и соответствующим аппаратным оформлением на предприятиях АПК».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Изложенные в диссертации научные подходы, положения и основные выводы обоснованы и являются следствием полученных новых экспериментальных данных. Представленные в работе результаты соответствуют фундаментальным законам и проверены на адекватность с экспериментальными данными. Достоверность научных разработок подтверждена производственными испытаниями предлагаемых технических и технологических решений в условиях ООО «Пивное ремесло» и ОАО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод».

С учетом изложенного, работа обладает теоретической и практической новизной, а результаты и основные выводы следует считать достоверными и обоснованными.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Работа соответствует п. п. 1, 3 и 4 паспорта специальности 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств» и п. п. 2 и 5 специальности 05.18.01 — «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Научная новизна и теоретическое значение заключается в следующем:

Получены функциональные зависимости изменения теплофизических характеристик фильтрата спиртовой барды от температуры.

Сформулирована и решена математическая модель процесса ультрафильтрации фильтрата барды. Получены зависимости удельной производительности мембраны от времени процесса ультрафильтрации для фильтрата

барды из пшеничного и кукурузного сырья при различных значениях транс-мембранного давления.

Выявлены закономерности кинетики барботажного выпаривания фильтрата спиртовой барды, определены численные значения и диапазон изменения основных кинетических характеристик.

Разработана математическая модель процесса барботажного выпаривания спиртовой барды на основе уравнений непрерывности, а также законов Фика и Фурье; предложено численно–аналитическое решение задачи нестационарного тепло– массообмена с граничными и начальными условиями, а также фазовым переходом на поверхности пузырька для определения зависимости скорости испарения, содержания сухих веществ, температуры фильтрата и радиуса пузырька от продолжительности процесса.

Методами математического моделирования определены зависимости, позволяющие прогнозировать распределение скорости, температуры и влагосодержания капель фильтрата барды в процессе распылительной сушки.

Составлен программно–логический алгоритм управления технологическими параметрами процесса получения белкового кормового концентрата из фильтрата барды, обеспечивающий повышение энергетической эффективности совместно протекающих, процессов ультраfiltrации, выпаривания и распылительной сушки.

Практическая значимость

Показана целесообразность использования процесса баромембранного концентрирования фильтрата барды перед выпариванием из кукурузного и пшеничного сырья, позволяющего снизить удельные энергозатраты.

Установлены рациональные режимы барботажного выпаривания, обеспечивающие минимальный расход энергии и высокое качество белкового кормового концентрата.

Разработана энергоэффективная технология получения белкового кормового концентрата из фильтрата спиртовой барды (Пат. РФ № 2514666).

Разработаны программа для ЭВМ (свидетельство РОСПАТЕНТА о гос. регистрации № 2015619721) и способ управления технологией получения белкового кормового концентрата (Пат. РФ № 2546214).

Разработаны конструкции мембранных аппаратов (Пат. РФ № 2560417, 2558894) и барботажного выпарного аппарата (положительное решение по заявке № 2015111124).

Обоснован и развит эксергетический подход к термодинамическому анализу взаимосвязанных процессов, достигнута минимизация термодинамических потерь на 5,47 % от внутрицикловой и внешней регенерации тепловых стоков.

Проведены производственные испытания в условиях ОАО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод (ВЭКЗ)» и ООО «Пивное ремесло», которые показали высокую эффективность предлагаемых решений. Продана лицензия (договор № 26/15 от 26.10.2015 г.) на право использования интеллектуальной собственности ООО «Пивное ремесло» по патенту на изобретение РФ № 2558894.

Оценка содержания работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 169 страниц машинописного текста, содержит 48 рисунка и 24 таблицы. Список литературы включает 128 наименований, в том числе 37 на иностранных языках.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, приведены научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе систематизированы литературные данные о современном состоянии теории, техники и технологии утилизации фильтрата спиртовой барды как системы процессов. Сформулирована цель и задачи исследований.

Во второй главе изучены кинетические закономерности процесса ультраfiltrации образцов фильтрата барды, полученных из кукурузного и пшеничного сырья, с применением керамических мембран; получены зависимости теплофизических характеристик фильтрата спиртовой барды от температуры; сформулирована математическая постановка задачи моделирования процесса барботажного выпаривания барды. Предложено численно-аналитическое решение математической модели барботажного выпаривания.

Идентификация параметров модели методом машинного эксперимента позволила автору получить зависимости времени процесса от скорости испарения, массовой концентрации, температуры и высоты барботирования фильтрата. По результатам исследований разработана конструкция барботажного вакуум-аппарата.

В третьей главе представлена математическая модель процесса распылительной сушки фильтрата барды при вполне корректно сформулированных допущениях. Решение задачи методом конечных объемов позволило спрогнозировать распределение скорости, температуры и влагосодержания капель фильтрата барды по высоте сушильной камеры.

Разработаны способ получения белкового концентрата из фильтрата барды (Пат. РФ № 2514666) и способ управления, обеспечивающий повышение энергетической эффективности совместно протекающих процессов ультраfiltrации, выпаривания и распылительной сушки (Пат. РФ № 2546214).

Выполнен эксергетический анализ, свидетельствующий о высокой степени термодинамического совершенства предлагаемого способа.

В четвертой главе изучены основные показатели качества белкового кормового концентрата; определены рациональные значения температуры, относительной влажности и расхода окружающего воздуха при хранении концентрата в складских условиях; рассчитан рецепт полнорационного комбикорма для поросят с использованием белкового кормового концентрата по программе «Корм Оптима Эксперт» в условиях ОАО «ВЭКЗ».

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 24 работы, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 4 патента РФ и свидетельство Роспатента о регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие автореферата тексту диссертации.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

Вопросы и замечания

1. Исходные уравнения модели процесса распылительной сушки фильтрата барды (стр. 88–90) и её решение следовало бы представить в критериальном виде с возможностью осуществлять масштабный переход от экспериментальной установки к опытно-промышленному образцу.

2. Несмотря на оригинальность предлагаемой технологии следовало бы уточнить каковы капитальные затраты на изготовление комплекта оборудования, включая его проектирование, изготовление, монтаж и наладку? Как это отразится на себестоимости конечного продукта?

3. В обзоре не рассмотрен класс распылительных сушилок. Из анализа их возможностей можно было бы обосновать выбор сушилки для фильтрата спиртовой барды.

4. Какие конструктивные особенности предлагаемого барботажного вакуум-аппарата позволят снизить энергозатраты на процесс сгущения барды?

5. Не обоснованы ограничения по управляемым переменным при микропроцессорном управлении технологией получения концентрата из фильтрата барды (раздел 3.3), не уточняются средства автоматизации для контроля и регулирования технологическими параметрами.

6. Целесообразно для предлагаемой технологии получения белкового кормового концентрата из фильтрата спиртовой барды разработать проект нормативной документации.

