

ОТЗЫВ

официального оппонента главного технолога проектного отдела
ООО «Инжиниринговый центр ВСМ», кандидата технических наук
Пономарева Александра Владимировича на диссертационную работу
Муравьева Александра Сергеевича

«Научно–практическое обеспечение комплексной переработки фильтрата спиртовой барды для производства белкового кормового концентрата», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальностям 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств» и 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»

Актуальность работы

Наиболее острой проблемой современной спиртовой отрасли в экономическом и экологическом отношении является утилизация или переработка отходов производства, основных из которых является спиртовая барда – быстро-закисающая суспензия, однако, обладающая при этом питательной ценностью, за счет содержащихся в ней в достаточном количестве белковых веществ.

В Российской Федерации все лицензированные спиртовые заводы обязаны осуществлять свою деятельность исходя из установленных Федеральным законом от 22.11.1995 №171-ФЗ (ред. От 29.12.2015) «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции...» норм об обязательной переработке спиртовой барды.

Наиболее рациональным и распространенным способом по утилизации барды является её переработка в продукт стандарта DDGS с последующим эффективным и, доказанным научными исследованиями, использованием в качестве высокопитательных белковых кормопродуктов для КРС и свиней.

Диссертационная работа Муравьева А.С. посвящена научному обеспечению технологии получения белкового концентрата из фильтрата барды с применением принципов энергосбережения и экологической безопасности на всех технологических этапах производства. Отсюда следует, что тема диссертационной работы является актуальной.

Научная новизна

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

Сформулирована и решена математическая модель процесса ультрафильтрации фильтрата барды по определению изменения профиля слоя поляризационной концентрации. Получены зависимости удельной производительности мембраны от времени протекания процесса ультрафильтрации для фильтрата барды из пшеничного и кукурузного сырья при различных значениях трансмембранного 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 (СВ), 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 ультрафильтрации, выпаривания и распылительной сушки.

Научная новизна предложенных технических решений подтверждена 4 патентами РФ и свидетельством РОСПАТЕНТА о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность

Содержащиеся в диссертационной работе научные подходы, выводы и рекомендации основаны на научных положениях, фундаментальных общепринятых теоретических закономерностях и являются следствием полученных экспериментальных данных. Они подтверждаются использованием современных аттестованных методик, соответствующего приборного обеспечения, программной обработкой полученных данных. Помимо этого, они хорошо согласуются с теоретическими концепциями, общепринятыми в данной области исследований. В работе отсутствуют взаимно противоречащие положения и выводы.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 168 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка и 26 таблиц. 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, показана практическая значимость полученных результатов, 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. Дается обзор методов решения задач тепло- и массопереноса. Детально рассмотрены вопросы проектирования баромембранных и выпарных аппаратов; перспективы применения известных технологий переработки спиртовой барды, а также возможные варианты максимально полного использования энергии теплоносителей. На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы, представлена структурно-логическая схема проведения исследований для их реализации.

Во второй главе предложена научная программа исследований, направленная на разработку энергоэффективной технологии получения белкового кормового концентрата из фильтрата спиртовой барды.

Изучены кинетические закономерности процесса ультрафильтрации образцов фильтрата барды, полученных из кукурузного и пшеничного сырья, с применением керамической мембраны.

Получено уравнение, позволяющее определять производительность мембраны в широком диапазоне режимных параметров. Предложены высокоэффективные конструкции мембранных аппаратов для концентрирования фильтрата барды, обеспечивающие снижение степени влияния концентрационной поляризации на производительность аппарата.

Определены зависимости теплофизических характеристик фильтрата спиртовой барды от температуры.

Проведены экспериментальные исследования процесса барботажного выпаривания фильтрата барды.

Разработана математическая модель процесса барботажного выпаривания барды при соответствующих допущениях. Предложено её численно-аналитическое решение.

Разработана конструкция барботажного выпарного аппарата.

В третьей главе представлена математическая модель процесса распылительной сушки фильтрата барды, решение которой позволило прогнозировать распределение скорости, температуры и влагосодержания капель фильтрата барды относительно геометрии распылительной сушилки.

Разработаны и запатентованы способ получения белкового концентрата из фильтрата барды и способ управления технологическими параметрами.

Для оценки энергоэффективности технологии производства белкового концентрата из фильтрата барды был выполнен эксергетический анализ, о высокой степени её термодинамического совершенства позволяет говорить полученный эксергетический КПД.

В четвертой главе изучены основные показатели качества белкового кормового концентрата: технологические и гигроскопические свойства, химический состав. Методами статистической оптимизации были установлены рациональные значения температуры, относительной влажности и расхода окружающего воздуха при хранении в складских условиях в ходе процесса хранения белкового кормового концентрата по удельным энергозатратам на хранение и содержанию витамина С соответственно.

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. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений составит 4,7 млн. р.

Соответствие автореферата тексту диссертации

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Между ними нет противоречий и разночтений.

Вопросы и замечания

1. В ходе литературного обзора следовало бы уделить больше внимания мембранным аппаратам с турбулизатором и конструкциям распылительных сушилок с анализом математического обеспечения процессов баромембранного разделения и сушки.

2. Чем обоснован выбор в качестве объектов исследования барды из кукурузного и пшеничного сырья?

3. В работе отдаётся предпочтение горячему воздуху с температурой 300–400 °С, который использовался в качестве теплоносителя при барботажном выпаривании (раздел 2.5). При этом автор утверждает, что температура фильтрата барды составляет 70–80 °С. Целесообразно это утверждение доказать путём решения теплового баланса для фильтрата барды с определением объёмного коэффициента теплообмена и сопоставить с данными эксперимента.

4. Существует вероятность снижения производительности предложенного барботажного выпарного аппарата за счёт образования нагара и закупорки отверстий барботажного устройства (раздел 2.7). Не ясно как автор решает данный вопрос.

5. Автором был выполнен эксергетический анализ предложенной технологии получения белкового концентрата из фильтрата барды (раздел 3.4), однако, для графической интерпретации и более наглядной демонстрации результатов расчета стоило привести диаграмму Грассмана-Шаргута.

6. Полученные результаты по нахождению оптимальных условий хранения белкового концентрата из фильтрата барды следовало бы оформить в виде поверхностей отклика, а не ограничиваться только инженерными номограммами.

7. Не приведена методика определения равновесной влажности белкового кормового концентрата (с. 102–103) при различных значениях относительной влажности воздуха.

Приведённые замечания не снижают положительной оценки работы.

Степень завершенности

Диссертационная работа Муравьева А. С. Является завершенным научным исследованием, обладает логическим единством и все её структурные элементы служат достижению поставленной цели.

Опубликование основных результатов работы

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

Заключение

В рассматриваемой диссертационной работе дано теоретическое и экспериментально обоснование энергосберегающей и экологически безопасной технологии получения белкового кормового концентрата из фильтрата спиртовой барды и его использовании в комбикормовой промышленности.

Диссертация **Муравьева Александра Сергеевича** является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, основные выводы являются достоверными и обоснованными.

По уровню научной новизны и практической значимости диссертационная работа удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Муравьев А. С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств» и 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Официальный оппонент,
Пономарев Александр Владимирович
Главный технолог проектного отдела
ООО «Инжиниринговый центр ВСМ»,
кандидат технических наук
«___» _____ 2016 г.



А. В. Пономарев

394002, г. Воронеж,
пер. Севастопольский, д. 31
тел.: 8(950)766-85-56,
e-mail: thpz-ponomarev@yandex.ru