

О Т З Ы В

официального оппонента, доцента кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», кандидата технических наук, доцента **Ключникова Андрея Ивановича** на диссертационную работу Богомолова Владимира Юрьевича «Разработка и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

Актуальность темы выполненной диссертации. В процессе производства сыра образуются такие виды вторичного молочного сырья, как молочная подсырная сыворотка и промывные воды, содержащие молоко. По данным Международной молочной ассоциации, из 140 млн. т сыворотки, получаемой в мире, до 50% направляется на очистные сооружения.

Диссертация Богомолова В. Ю. посвящена совершенствованию методов ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки, которая может являться источником полноценных белков, которые, в свою очередь, содержат незаменимые аминокислоты, используемые организмом для синтеза белков печени, образования гемоглобина и плазмы крови.

Перспективными методами переработки вторичного молочного сырья являются мембранные методы. Разработка и научное обоснование современных процессов переработки молочной сыворотки на базе мембранных методов неразрывно связаны с повышением эффективности переработки молока в агропромышленном комплексе.

Диссертационная работа Богомолова Владимира Юрьевича направлена на совершенствование процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки, а полученные автором результаты соответствуют поставленной научной цели в решении рассматриваемой научной проблемы. В связи с вышесказанным, актуальность рассматриваемой диссертации не вызывает сомнений.

Научная новизна. Научная новизна проведенных исследований состоит в том, что изучены кинетические и технологические закономерности процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки, в том числе с импульсным подводом тока. Получены и интерпретированы экспериментальные данные по коэффициенту задержания, удельному потоку растворителя, диффузионному потоку и коэффициенту распределения ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки в зависимости от концентрации, температуры, величины импульса тока и вида полупроницаемой мембраны.

Получены аппроксимационные зависимости и численные значения эмпирических коэффициентов для теоретического расчета и прогнозирования коэффициента задержания, коэффициента распределения, диффузионного потока и удельного потока растворителя процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки, в том числе с импульсным подводом тока.

Выявлен и математически описан поточно-диффузионный механизм переноса растворенного вещества и растворителя при ультрафильтрационном концентрировании и деминерализации подсырной сыворотки.

Разработана математическая модель процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки с импульсным подводом тока, учитывающая влияние электрического импульса и величину осмотического давления раствора подсырной сыворотки. Модель позволяет рассчитывать концентрации растворенных веществ и объемы растворителя в камерах пермеата и ретентата.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность. Содержащиеся в работе положения, выводы и рекомендации основаны на научных положениях, общепринятых теоретических закономерностях, опираются на полученные соискателем экспериментальные данные и являются их логическим следствием. В работе отсутствуют взаимно противоречащие положения и выводы.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации полностью отражают результаты работы, обоснованы и достоверны, что подтверждается обширным экспериментальным материалом, повторяемостью результатов и совпадением эмпирических данных с практическими результатами.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов, списка используемых источников и приложений. Диссертация содержит 191 страницу машинописного текста, в том числе 46 рисунков, 25 таблиц, список цитируемых источников, который включает 138 наименований публикаций отечественных и зарубежных авторов.

Диссертация написана грамотно и хорошо оформлена. Структура работы соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Практическая значимость. В работе предложена численная реализация методики инженерного расчета ультрафильтрационного аппарата плоскокамерного типа, включающая определение рабочей площади, секционирования аппарата, оценку температуры нагрева и энергозатрат в процессе ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки с импульсным подводом тока. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2013618596.

Предложена численная реализация методики определения периода функционирования полупроницаемых мембран в процессе ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки с импульсным подводом тока, позволяющая рассчитывать период функционирования мембран до их физического разрушения. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2014615341.

Разработан мембранный аппарат, работающий одновременно в трех технологических режимах: концентрирование, деминерализация и охлаждение или нагрев подсырной сыворотки. Новизна технического решения подтверждена патентом № 2532813 RU. Разработанный аппарат принят к разработке на ОАО «ТАГАТ» им. С. И. Лившица г. Тамбов.

Разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать концентрации растворенных веществ и объемы растворителя в камерах пермеата и ретентата ультрафильтрационного аппарата плоскокамерного типа при концентрировании и деминерализации подсырной сыворотки с импульсным подводом тока. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2015614888.

Экспериментально определены рациональные условия реализации процесса ультрафильтрационного концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки с импульсным подводом тока: с применением ультрафильтрационных мембран УПМ-100 при давлении 1 МПа, с наложением электрических импульсов периодом 1 с, плотностью тока 75 А/м^2 и отводом теплоты, обеспечивающим поддержание температуры на уровне 293 К.

Предложена усовершенствованная технологическая схема линии концентрирования и деминерализации подсырной сыворотки ультрафильтрацией с получением сухого сывороточного концентрата. Рассчитана себестоимость производства концентрата.

Технологическая схема принята к внедрению на ООО «Бондарский сыродельный завод». Ожидаемый экономический эффект составит 500 тыс. руб. в год в ценах 2015 г. Расчетная себестоимость производства концентрата составляет 0,29 руб. на 1 руб. товарного продукта.

Соответствие автореферата тексту диссертации. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Между ними нет противоречий и разночтений.

Однако по работе имеется ряд вопросов и замечаний:

1. Каким образом в диссертационной работе соискатель решает вопрос мойки и регенерации полимерных мембран?

2. Проводились ли исследования проницаемости полимерных мембран в последующих циклах электромембранной обработки после воздействия трансмембранного давления величиной 0,75...1,95 МПа. Насколько снижалась проницаемость полимерных мембран в результате их вероятной усадки?

3. Как влияют характеристики накладываемых электрических импульсов на качественные показатели получаемых полупродуктов, и каким образом они перерабатываются в дальнейшем?

4. Соискателем заявлена расчетная продолжительность эффективной работы полимерных мембран при различных условиях процесса ультрафильтрации и деминерализации, равная 82...125 ч. Каким образом рассчитанная продолжительность эффективной работы полимерных мембран интерпретируется с реальными производственными данными? При каких параметрах процесса ультрафильтрации и деминерализации обеспечивается такая продолжительность?

5. При составлении математической модели принимается экспериментальная установка замкнутой циркуляции. Это означает, что при каждом цикле комбинированной обработки «ультрафильтрация – электрические импульсы» соискатель имел дело с постоянно растущей концентрацией белка – фактором, ограничивающим эффективность ультрафильтрации с одной стороны и накоплением окисленных слоев на электродах – фактором, сдерживающим интенсивность накладываемых электрических импульсов с другой стороны. Каким образом эти обстоятельства учитывает математическая модель, разработанная соискателем?

Отмеченные недостатки носят рекомендательный характер, не снижают качество исследований и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Степень завершенности. Диссертационная работа Богомолова В. Ю. представляет собой завершенное научное исследование. Работа обладает логическим единством, все ее элементы служат достижению поставленной цели.

Опубликование основных результатов. По результатам диссертационной работы опубликованы 30 работ, в том числе 10 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 1 статья в журнале, входящем в реферативную базу Scopus. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

