

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Родионова Дмитрия Александровича «Интенсификация и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки в производстве сычужных сыров», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

Актуальность темы диссертационной работы достаточно высока. При производстве сыра образуется большое количество отходов, в том числе и сырная сыворотка. После производства сыра она чаще всего сливается в канализацию. Сброс вторичного молочного продукта создает экологическую проблему для окружающей среды из-за его загрязняющей способности, которая в 500 – 1000 раз выше, чем у бытовых сточных вод. Стоимость очистки сточных вод, загрязненных молочным предприятием, которое перерабатывает 100 тонн молока в день, эквивалентна затратам на очистку сточных вод в городе с населением 80 тыс. человек. Актуальность также подтверждается поддержкой грантами гос. заданием (проект № 10.4798.2017/БЧ, гранта РФФИ № 20-38-90036 «Интенсификация и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования вторичного молочного сырья после производства сычужных сыров», областного гранта для аспирантов образовательных организаций высшего образования и научных организаций № 1028 от 17.12.2020).

Родионовым Д.А. проведен информационно-аналитический обзор работ, посвященных характеристикам различных видов мембран и мембранных аппаратов. Проведен их сравнительный анализ, рассмотрены явления переноса в мембранах, методы и конструкции мембранных аппаратов для концентрирования подсырной сыворотки. На основании проведенного

литературного обзора определены основные направления, сформулирована цель и задачи исследования.

Исследованы и получены экспериментальные данные по сорбционным, диффузионным, гидродинамическим и структурным характеристикам в зависимости от температуры, трансмембранного давления, скорости течения потока в мембранном канале и физико-химических свойств мембран. Получены данные по коэффициенту задержания, удельному выходному потоку, водородному показателю, электропроводимости подсырной сыворотки, плотности, концентрации растворенных солей. Модифицированы математические выражения для расчета сорбционной емкости, диффузионной проницаемости, коэффициента продольного перемешивания, коэффициента задержания и удельного выходного потока.

Для ультрафильтрационного процесса концентрирования подсырной сыворотки получены значения эмпирических коэффициентов для расчета и прогнозирования кинетических характеристик. Для расчета коэффициента продольного перемешивания выполнены экспериментальные исследования по гидродинамике с использованием турбулизаторов в виде спирали и трубки Вентури. Получены уравнение и значения эмпирических коэффициентов в зависимости от трансмембранного давления от 0,05 МПа до 0,3 МПа при массовом расходе подсырной сыворотки от 0,36 м³/ч до 1,8 м³/ч на трубчатых мембранных элементах типа БТУ 05/2. Модернизирован метод поиска эмпирических параметров применительно для коэффициента задержания по экспериментальным данным, используя свободную систему компьютерной алгебры Maxima. На вычислительные эксперименты по методу получено свидетельство на программу для ЭВМ № 2015614888. Разработана математическая модель на основе решения уравнений конвективной диффузии, уравнения Навье-Стокса и уравнения неразрывности потока. Проверена адекватность разработанной математической модели путем сравнения расчетных и экспериментальных данных по удельному выходному потоку.

Разработана методика инженерного расчета процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки на аппарате плоскокамерного типа, позволяющая определять рабочую площадь, производить секционирование аппарата, находить температуры нагрева и рассчитывать энергозатраты. Спроектированы и разработаны многофункциональные мембранные аппараты плоскокамерного, трубчатого и рулонного типов. Техническая чистота решения подтверждена патентами № 2668866 RU, № 2685091 RU, № 2671723 RU. Спроектированные мембранные аппараты предложены к реализации на ООО «ЧС «ВЕРО» и ООО «ВЕКША». Для ультрафильтрационных элементов трубчатого типа БТУ 05/2 с активным слоем мембран из фторопласта при трансмембранном давлении от 0,1 МПа до 0,25 МПа и с активным слоем из полиэфирсульфона и полисульфона при трансмембранном давлении 0,25 МПа экспериментальным путем определены рациональные условия промышленной реализации процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки. Для получения сухого сывороточного концентрата, включающая модернизированную ультрафильтрационную установку концентрирования, предложена усовершенствованная технологическая схема для ООО «ВЕКША» и ООО «ЧС «ВЕРО». Усовершенствованный технологический процесс получения сухого сывороточного концентрата предложен к внедрению на ООО «ВЕКША». Экономический эффект от внедрения технологической линии по получению сухого сывороточного концентрата составит 4200 тыс. руб. для ООО «ВЕКША» и 980 тыс. руб. – для ООО «ЧС «ВЕРО» в год в ценах 2021 года.

При изучении материалов, приведенных в автореферате, возник ряд замечаний:

1. Некоторые рисунки, например рис. 3 а, 3 б, 8 и 9 выполнены с низким разрешением и практически не читаемы.

Приведенные замечания не снижают научной и практической ценности работы и носят рекомендательный характер. Поставленная цель достигнута, задачи исследования решены полностью.

Достоверность научных результатов и выводов, приведенных в диссертации не вызывает сомнений. Материалы исследования достаточно полно изложены в 21 публикации, из них: 4 статьи – в WoS и Scopus, входящих в Q1 и Q2, 8 статей – в журналах, рекомендуемых ВАК, 3 патента РФ и 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

В целом, судя по автореферату, диссертация Родионова Дмитрия Александровича представляет собой законченную научно-исследовательскую квалификационную работу, отвечает требованиям ВАК РФ (п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» №842 от 24.09.2013), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Родионов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

Доктор технических наук, доцент, декан факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», главный научный сотрудник научной лаборатории "Технологии, материалы, процессы и оборудование машиностроения".
440026, г. Пенза, ул. Красная, 40
Тел.: +7(905) 367-43-80
E-mail: Sergey58_79@mail.ru

Киреев Сергей Юрьевич

Специальности, по которым защищены диссертации Киреева С.Ю.

к.т.н. 05.17.03 – Технологии электрохимических процессов и защита от коррозии

д.т.н. 02.00.05 – Электрохимия



личную подпись С.Ю. Киреева
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров