

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГБУ ЯО  
«Ярославский государственный институт  
качества сырья и пищевых продуктов»

д.т.н. заслуженный работник  
пищевой индустрии РФ



Г.Б.Гаврилов

2021 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации – Государственное бюджетное учреждение Ярославской области «Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов» на диссертационную работу Родионова Дмитрия Александровича «Интенсификация и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки в производстве сычужных сыров», представленной в совет по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

#### **Актуальность работы**

Тема работы актуальна и соответствует приоритетным направлениям развития молочной промышленности в сегменте технологий комплексного использования продуктов переработки молока. Вопрос переработки молочной сыворотки до настоящего момента остается не решенным полностью даже на современных молокоперерабатывающих предприятиях.

Совершенствование биотехнологических процессов переработки вторичных сырьевых ресурсов, к которым относится сыворотка, относится к приоритетным стратегическим задачам и корреспондируется с направлениями Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ № 559-р).

Диссертация выполнена в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным работам.

Актуальность работы и основные положения, выносимые на защиту диссертации, представлены и обоснованы во введении и отвечают требованиям своевременности.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность представленных данных, сформулированных положений, выносимых на защиту, обеспечены научными и практическими результатами, приведенными в оппонируемой диссертации.

В диссертационной работе соблюдены все необходимые принципы

соответствия:

- соответствие целей и задач исследований содержанию и выводам диссертационной работы;
- соответствие автореферата и диссертации;
- соответствие диссертации и содержания опубликованных работ;
- соответствие темы диссертации и научной специальности.

Основные результаты диссертационных исследований, полученные с использованием современных методик и оборудования, представлены в печати, а научные положения диссертации отражены в рецензируемых научных изданиях и журналах, утвержденных ВАК Российской Федерации, в том числе 4 статьи в издании из списка WOS и Scopus и неоднократно обсуждены на многочисленных научных и научно-практических конференциях.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Проведя анализ диссертационной работы Родионова Д.А. и его автореферата, а также научных публикаций автора по данной тематике, можно выделить следующие положения, несомненно, обладающие научной новизной (на момент их опубликования):

- 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; получено уравнение и значения эмпирических коэффициентов для в зависимости от трансмембранного давления от 0,05 МПа до 0,3 МПа при массовом расходе подсырной сыворотки от 0,36 м<sup>3</sup>/ч до 1,8 м<sup>3</sup>/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 Mathematica; 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.

### **Анализ содержания работы**

На оппонирование представлена диссертационная работа, изложенная на 187 страницах, включающая 78 рисунков, 26 таблиц и 8 приложений. Работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части, основных результатов и выводов, списка использованной литературы, содержащего 181 отечественных и зарубежных источников. По результатам диссертационных исследований опубликовано 21 печатная работа, из которых 8 в журналах, рекомендованных ВАК РФ, в том числе 4 статьи в издании из списка WOS и Scopus, 3 патента РФ и 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

**Введение** содержит обоснование актуальности темы исследований, представлена научная новизна и практическая значимость, цели и задачи.

В **первой главе** обобщены результаты опубликованных к настоящему времени литературных данных по 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.

Во **второй главе** раскрыта структура работы, сформулирована методология получения и обработки результатов и методы проведения диссертационного исследования. Последовательность осуществления исследовательских работ выстроена логично и позволяет оценить перспективность решаемых задач.

В **третьей, четвертой и пятой главах** описаны результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Выводы, приведенные в **заключении**, соотносятся с поставленными задачами исследования и подводят итоговую черту в описании результатов исследований.

Работа построена в едином стиле, а научные результаты, изложенные в работе и публикациях, логически последовательны и сопоставимы, что свидетельствует о личном участии автора в проведении и описании диссертационных исследований.

**Автореферат** полностью отражает основные разделы диссертации и дополнительно включает список основных публикаций автора по темедиссертации.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Разработана методика инженерного расчета процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки на аппарате плоскокамерного типа. Методика позволяет определять рабочую

площадь, производить секционирование аппарата, находить температуры нагрева и рассчитывать энергозатраты.

Спроектированы и разработаны многофункциональные мембранные аппараты плоскокамерного, трубчатого и рулонного типов. Аппараты позволяют осуществлять одновременно технологический процесс в трех режимах – концентрирование, очистка и нагрев или охлаждение подсырной сыворотки. 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 и 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.

#### **Апробация работы**

Основные положения и результаты исследования диссертационной работы были предметом докладов и дискуссий на многочисленных научных конференциях, проходивших в разных регионах РФ.

#### **Вопросы и замечания по содержанию и оформлению диссертации**

Помимо отмеченных достоинств оппонируемой диссертации следует отметить некоторые замечания, не оказывающие существенного влияния на ее общую положительную оценку:

1. На странице 128 диссертации используется выражение дополнительной доочистки при этом в работе не освещается, что подразумевает собой стадия дальнейшей доочистки пермеата.

2. Экономическая эффективность предлагаемого соискателем процесса получения концентрата сывороточного белка выглядит достоверно, однако стоило бы привести экономические показатели классического метода получения сухого сывороточного концентрата.

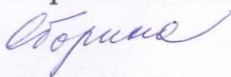
### **Заключение**

Уровень и содержание проведенных исследований, доказательность и глубина научной проработки, практические результаты проведенных диссертационных исследований Родионова Д.А. на тему: «Интенсификация и научное обоснование процесса ультрафильтрационного концентрирования подсырной сыворотки в производстве сычужных сыров» соответствуют завершенной научной работе и в совокупности могут быть квалифицированы как научное достижение, вносящее значительный вклад в развитие науки и производства, имеющее несомненную научную и практическую значимость для определения путей к решению проблемы полного использования молочных ресурсов Российской Федерации, что соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании технического совета протокол № 242 от 14 мая 2021 г.

Начальник проектно-технологического отдела,

к.т.н.

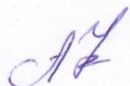


Оборина Марина Владимировна

подпись руки директора ГБУ ЯО ЯГИКСПП

заверяю

секретарь НТС, к.т.н.



Филиппов Александр Анатольевич