

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Темнова Михаила Сергеевича "Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов получения эфиров жирных кислот", представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

Актуальной проблемой развития экономики страны является создание новых технологий производства возобновляемых источников энергии. В качестве альтернативы жидкому органическому топливу с успехом могут рассматриваться эфиры жирных кислот (ЭЖК), получаемые из растительного сырья (микроводорослей).

Объектом исследования диссертационной работы Темнова М.С. является ресурсо- и энергосберегающий технологический процесс получения ЭЖК из микроводорослей и его аппаратурное оформление с использованием современных машин и аппаратов. Объект достаточно перспективный, но одновременно сложный и малоизученный с точки зрения как свойств, режимов и условий осуществления технологического процесса, так и аппаратурного оформления. В качестве предмета исследования в диссертации рассматривались механизмы и кинетика процессов получения ЭЖК из биомассы микроводорослей, условия их эффективного осуществления, методы физического и математического моделирования процессов и аппаратов получения ЭЖК из микроводорослей.

Автором на высоком научном уровне выполнены теоретические и экспериментальные исследования свойств, режимов, механизмов и кинетики процессов подготовки сырья, экстракции и этерификации липидов, разработаны основные биотехнологические и физико-химические процессы (стадии) подготовки и предварительной обработки растительного сырья (микроводорослей), экстракции и этерификации внутриклеточных липидов.

С целью интенсификации процесса культивирования микроводорослей автором разработан современный фотобиореактор производительностью 0,9 г/л микроводорослей за один период культивирования, что в среднем в 1,3 раза выше по сравнению с аналогами; интенсификация процесса экстракции липидов достигается за счет комплексного воздействия на клетки смеси ферментов «Целлолюкс А» (0,012 мг/мл)– «Протосубтилин г3х» (0,004 мг/мл в течение 10 минут при температуре 50°С) и СВЧ-излучения с мощностью 280–420 Вт и частотой 2450 МГц.

Процесс экстракции внутриклеточных липидов проводился при температуре 50°С и следующем соотношении экстрагентов:

- этанол-петролейный эфир 1:2 (об.) и соотношении сухих клеток (г) к количеству смеси экстрагента (мл) (1:20);

- реакция этерификации - при температуре 60°C и соотношении этанол-липиды 6:1 (мол.) в присутствии 3 % (от массы липидов) щелочного катализатора - гидроксида натрия.

В результате исследований автором разработаны математические модели процессов культивирования микроводорослей *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 и экстракции из липидов, позволяющие осуществлять:

- расчет изменения массы микроводорослей и концентрации липидов в жидкой фазе;

- технологический расчет аппаратов подготовки и предварительной обработки сырья, экстракции липидов при оптимальных режимах их функционирования, обеспечивающих выход внутриклеточных липидов на уровне 23 %.

Применение методов физического и математического моделирования при исследовании процессов и аппаратов культивирования микроводорослей, экстракции и этерификации липидов в производстве эфиров жирных кислот является актуальным, поскольку позволяют решить комплексную задачу ресурсо- и энергосбережения при переработке возобновляемого растительного сырья в ЭЖК.

Научные и практические задачи решены Темновым М.С. в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки РФ и программы «У.М.Н.И.К» по темам «Разработка технологии комплексной переработки биоразлагаемых отходов», «Кинетика процессов технологии очистки сточных вод с использованием микроводорослей». «Разработка технологии получения биомассы *Chlorella vulgaris* для комплексной переработки».

Полученные соискателем Темновым М.С. результаты обладают несомненной научной новизной, а именно:

1. Механизмы и кинетика процессов культивирования микроводорослей и экстракции внутриклеточных липидов, отличающиеся учетом энергетических факторов (уровня освещенности и температуры при культивировании), этапностью (выделено три этапа) процесса экстракции, на каждом из которых определены лимитирующие процессы массопереноса липидов через поры и отверстия целых или погибших клеток микроводорослей. Для различных видов клеток микроводорослей определены кинетические коэффициенты процесса экстракции внутриклеточных липидов.

2. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований механизмов и кинетики процессов культивирования микроводоросли, экстракции и этерификации липидов определены условия их эффективного осуществления.

3. Оригинальные математические модели процессов культивирования микроводорослей *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 и экстракции из них липидов, позволяющие рассчитывать изменение массы микроводорослей, содержание внутриклеточных липидов и концентрацию липидов в жидкой фазе (неполярном экстрагенте), а также про-

водить технологический расчет экстрактора и рациональные режимы его функционирования.

3. Новый способ подготовки микроводорослей с повышенным содержанием липидов (Пат. РФ № 2569149).

Работа Темнова М.С. имеет ярко выраженную практическую направленность; к практически значимыми результатам следует отнести:

1) свойства и режимы технологического процесса получения ЭЖК из микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 с высоким уровнем энерго- и ресурсосбережения;

2) новые технические решения по аппаратурному оформлению процессов культивирования микроводорослей (патент РФ № 151576) и разрушения клеток микроводорослей (патент РФ № 169598);

3) оптимальный выбор типов экстрагентов, температуры, соотношения количества микроводорослей и экстрагентов на скорость процесса экстракции липидов, технологический расчет экстрактора и рациональные режимы его функционирования на основе математической модели, обеспечивающие выход внутриклеточных липидов на уровне 23 %;

4) технологическую схему производства ЭЖК из микроводорослей и практические рекомендации по совершенствованию аппаратурного оформления биотехнологического и физико-химического процессов подготовки сырья, экстракции и этерификации внутриклеточных липидов.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Из текста автореферата не ясно, какими соображениями руководствовался автор при выборе суточной производительности технологической схемы 190 кг ЭЖК/сутки?

2. В качестве одного из элементов конструкции дезинтегратора клеток микроводорослей применяется "отражательная труба". Какие функции выполняет этот элемент?

3. Отдельные рисунки выполнены настолько мелкими, что затрудняют чтение.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера. Работа является законченным научным трудом, имеющим существенную научную новизну и практическую ценность в области исследования свойств и режимов энерго- и ресурсосберегающего технологического процесса получения ЭЖК из возобновляемого растительного сырья (микроводорослей), совершенствования аппаратурного оформления энерго- и ресурсосберегающих химических производств ЭЖК.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технологические и технические решения - научное обос-

нование технологического и функционального потенциала возобновляемого растительного сырья (микроводорослей) и их применение в производстве ЭЖК; свойства, режимы и аппаратурное оформление энерго- и ресурсосберегающего технологического процесса получения ЭЖК из микроводорослей, имеющие существенное значение для развития страны.

Автореферат написан грамотно, материал изложен достаточно логично, сделанные выводы и обобщения базируются на результатах теоретического и технологического анализа и продуманного эксперимента.

На основании выше изложенного считаю, что диссертационная работа выполненная Темновым М.С. "Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов получения эфиров жирных кислот" является завершенной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Темнов Михаил Сергеевич, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Заведующий кафедрой «Физика и математика»
Пятигорского медико-фармацевтического института –
филиала ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
медицинский университет»
д.т.н., профессор

Валерий Тимофеевич Казуб

«29» ноября 2017 г.
357532, г. Пятигорск, пр. Калинина, 11
тел. +7 (918)787-55-46
e-mail: bukva46@mail.ru
v.t.kazub@pmedpharm.ru

Подпись Казуб В.Т. заверяю
Начальник отдела кадров ПМФИ
тел. +7 (918)865-02-15
e-mail: i.b.zlobina@pmedpharm.ru

Елена Павловна Руссель

