

## О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Садыговой Мадины Карипуловны на диссертационную работу Шабуниной Елены Александровны на тему: «*Научное обоснование режимов массообмена при автотрофном биосинтезе дуналиеллы и ее применение в технологии мучных кондитерских изделий*», представленную на соискание 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».

### **Актуальность диссертационной работы**

Существенной задачей современного развития пищевой промышленности является разработка новых обогащенных продуктов питания высокого качества, сбалансированный химический состав которых, позволит обеспечить организм потребителя всеми необходимыми витаминами, макро- и микроэлементами, белками, пищевыми волокнами. Вместе с этим необходимо учитывать себестоимость сырья и удельные экономические затраты, идущие на производство, поскольку розничная цена готового продукта должна оставаться доступной для разных групп населения.

В настоящей работе в качестве пищевого обогатителя рассматривается порошок природной биологически активной добавки – микроводоросли *Dunaliella Salina*. Богатый сбалансированный биохимический состав этого микроорганизма представляет особый интерес с точки зрения его возможного использования в рецептурах пищевых продуктов.

В диссертации были предложены решения задачи получения порошка *Dunaliella Salina*, включающие разработку пленочного фотобиореактора, способа управления процессом культивирования и ресурсосберегающей экологически чистой и энергоэффективной технологии производства порошка микроводоросли.

Поскольку в нашей стране хлебобулочные и мучные кондитерские изделия пользуются высоким потребительским спросом и занимают одно из основных положений при составлении рациона населения, в качестве примера по обогащению микроводорослью *Dunaliella Salina* в диссертационной работе были рассмотрены кексы.

Результаты научных исследований и практических испытаний позволили удостовериться в рациональности использования порошка *Dunaliella Salina* в технологии производства мучных кондитерских изделий. Готовые продукты характеризуются высокими пищевой и биологической ценностью, органолептическими показателями, безопасностью, а также невысокой розничной ценой.

Таким образом, диссертационную работу Шабуниной Елены Александровны, несомненно, следует считать актуальной с точки зрения как теоретического, так и прикладного значений.

### **Научная новизна диссертации**

Определены кинетические закономерности и далее предложена математическая модель процесса получения биомассы микроскопических организмов *Dunaliella Salina* в пленочном фотобиореакторе.

Составлен программно-логический алгоритм регулирования технологических параметров при культивировании микрокультуры *Dunaliella Salina* в пленочном фотобиореакторе.

Установлены физико-химические и органолептические показатели суспензии микроводоросли *Dunaliella Salina*. Определен химический состав порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina*.

Предложен научно обоснованный подход к созданию нового ассортимента мучных кондитерских изделий (кексов) с порошком из микроводоросли *Dunaliella Salina*, обладающих высокими пищевой и биологической ценностью и оригинальными органолептическими показателями.

Теоретически и экспериментально обосновано положительное влияние нового рецептурного компонента – порошка из микроводоросли *Dunaliella*

Salina на качество готовых кексов. Определен химический состав полученных кексов с применением в рецептуре порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina*.

Новизна предложенных технических решений подтверждена четырьмя патентами РФ на изобретения.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретически и практически исследован процесс массообмена при производстве биомассы микроводоросли *Dunaliella Salina*. Определены рациональные интервалы изменения технологических параметров при культивировании микроорганизмов *Dunaliella Salina* в пленочном фотобиореакторе.

Разработана энергоэффективная технология получения порошка из биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов *Dunaliella Salina*, предусматривающая использование парожекторной холодильной машины (Патент РФ №2577150).

Сконструирован биореактор пленочного типа (Патент РФ №2586534).

Предложен способ управления процессом культивирования фотоавтотрофных микроорганизмов в пленочном биореакторе, обеспечивающий условия для обильного прироста биомассы микроводоросли *Dunaliella Salina* (Патент РФ №2622081).

В лабораторных условиях исследован порошок из микроводоросли *Dunaliella Salina* как биологически активная добавка.

Разработана технология производства кекса с использованием порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina* (Патент РФ № 2660268). За счет увеличенного содержания пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ кекс имеет высокие показатели качества и обладает повышенной пищевой и биологической ценностью.

Проведена промышленная апробация разработанной технологии производства кексов с добавлением порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina* на предприятии АО «Хлебозавод №7», г. Воронеж. Результаты исследе-

дований показали целесообразность внедрения предлагаемого мучного кондитерского изделия в промышленное производство.

Разработана и утверждена нормативная документация на новое изделие – кекс «Крымчаночка» (РЦ, ТИ 9113-488-02068108-2018).

### **Степень достоверности результатов работы**

Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, обоснованы, подтверждены экспериментальными исследованиями и одобрены на научных конференциях различного уровня.

Высокие показатели качества порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina* подтверждены производственной апробацией рациональных режимов работы биореактора пленочного типа по предлагаемой экологически безопасной и энергоэффективной биотехнологии.

Достоверность результатов работы подтверждена выбранными методиками экспериментальных исследований, методами и средствами выполнения измерений, частой повторностью снятия показаний.

Подлинность целесообразности предложенной технологии производства кекса с добавлением порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina* доказана результатами производственных испытаний в условиях АО «Хлебозавод №7» г. Воронежа.

Считаю, что диссертация обладает теоретической и практической новизной, а результаты и основные выводы следует считать достоверными и обоснованными.

### **Соответствие диссертации научным специальностям**

Диссертационная работа проводилась в соответствии с тематическими планами госбюджетных научно-исследовательских работ кафедр технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств (№ гос. регистрации 01.130.2.12440) и технологии хлебопекарного, кондитерского макаронного и зерноперерабатывающего производств (№ гос. регистрации 01.201.2.53868) ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Диссертация соответствует п.п. 1, 2 и 4 паспорта специальности 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств» и п.п. 3, 6 и 9 специальности 05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 230 страницах машинописного текста, содержит 53 рисунка и 35 таблиц. Список литературы включает 237 наименований. Приложения к диссертации представлены на 40 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы, определена степень ее разработанности, сформулирована цель, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований, описаны научные положения, выносимые на защиту диссертации.

В первой главе приведены литературные данные о микроводоросли *Dunaliella Salina* как биологическом объекте исследований, способах культивирования микроводорослей, современных конструкциях биореакторов, гидродинамических и массообменных закономерностях процесса культивирования микроводорослей, методах математического описания популяций фотоавтотрофных микроорганизмов в пленочных биореакторах, способах применения микроводорослей в качестве биодобавок. Обозначены цель и задачи диссертационной работы, определены методы решения поставленных задач.

Во второй главе подробно описано устройство экспериментальной установки. Представлены результаты исследований процесса культивирования микроводорослей *Dunaliella Salina* в пленочном фотобиореакторе в накопительном и квазинепрерывном режимах. На их основании установлены рациональные интервалы изменения технологических параметров.

В качестве объекта обогащения микроводорослью *Dunaliella Salina* выбраны кексы. За основу взята рецептура «Кекса с какао» (ГОСТ 15052-

2014). Вместе с этим рассмотрены методики приготовления теста, выпечки и анализа мучных кондитерских изделий. Изучены сущность способа определения аминокислотного состава с помощью жидкостного хроматографа, последовательность расчета аминокислотного сора и биологической ценности изделий, метод симплекс-решетчатого планирования эксперимента.

В третьей главе представлена математическая модель процесса массообмена при накоплении биомассы микроводорослей *Dunaliella Salina* вдоль высоты рабочей зоны пленочного фотобиореактора. Результаты моделирования с высокой для инженерных расчетов точностью отражают зависимости изменения концентрации клеток микрокультуры по высоте прозрачных трубок фотобиореактора. Они могут использоваться при анализе протекающих физико-химических реакций, проектировании фотобиореакторов и разработке методов управления технологическими параметрами.

В четвертой главе разработана энергосберегающая биотехнология получения порошка из фотоавтотрофных микроорганизмов *Dunaliella Salina*, и проведена ее эксергетическая оценка.

Разработана конструкция пленочного фотобиореактора. Предложен способ управления процессом массообмена при культивировании микроводорослей *Dunaliella Salina* в пленочном фотобиореакторе.

В пятой главе с помощью математических методов планирования эксперимента разработана и оптимизирована рецептура кекса с добавлением порошка из микроводоросли *Dunaliella Salina*. За счет увеличенного содержания пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ кекс имеет высокие показатели качества и обладает повышенной пищевой и биологической ценностью. Рассчитана экономическая эффективность производства предлагаемого кекса «Крымчаночка».

В заключении приведены основные результаты проведенных исследований.

В приложениях представлены материалы, подтверждающие практическое внедрение результатов диссертации.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе, 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 1 монография. Получено 4 патента РФ на изобретения.

### **Соответствие автореферата основным положениям**

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и оформлен в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК РФ).

### **Замечания и вопросы к диссертационной работе**

1. В первой главе диссертации рассмотрены литературные данные об обогащении хлебобулочных изделий в целом. К сожалению, не приведены данные об обогащении именно мучных кондитерских изделий.

2. В диссертации не представлено описание методики микроскопирования проб суспензии микроводоросли *Dunaliella Salina* при получении микрофотографий.

3. Желательно было бы в диссертационной работе провести исследование по определению влияния обогащающей добавки на сроки хранения готовых изделий.

4. В диссертации не приведена полная технологическая схема производства кекса «Крымчаночка».

5. Имеются неточности при оформлении списка литературы.

6. В тексте диссертационной работы при пояснении некоторых формул отсутствуют единицы измерения отдельных величин.

Приведенные выше замечания не снижают ценности и общей положительной оценки диссертации, выполненной на высоком научном уровне.

### **Заключение**

Диссертационная работа *Шабуниной Елены Александровны* на тему: *«Научное обоснование режимов массообмена при автотрофном*

**биосинтезе дуналиеллы и ее применение в технологии мучных кондитерских изделий»** является законченным, актуальным и самостоятельным научным исследованием, выполненном на высоком уровне. Работа отличается научной новизной, теоретической и практической значимостью. Представленные результаты убедительны, а выводы отражают полученные научные достижения.

Диссертация полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями на 01.10.2018 г.), а ее автор *Шабунина Елена Александровна* 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:

доктор технических наук  
(05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»),

профессор кафедры технологии продуктов питания  
ФГБОУ ВО Саратовский государственный  
аграрный университет имени Н.И. Вавилова,  
доцент

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

*Садыгова* М.К. Садыгова

Адрес: 410012, г. Саратов, Театральная площадь, д. 1

Телефон: +7 (906) 304-96-70

Электронная почта: [sadigova.madina@yandex.ru](mailto:sadigova.madina@yandex.ru)

*Подпись Садыгова М.К.*  
*Нагаевник*  
*М. В. Завереев*  
*Александр*  
*Нагаевник*

