

В диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 24.1.515.01 при ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»
115093, г. Москва, ул. Люсиновская, д. 35, к.7

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Ганиной Веры Ивановны на диссертационную работу Буркова Ивана Александровича на тему «Совершенствование технологии сублимационной сушки заквасочных культур для кисломолочных продуктов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы

Актуальность темы исследования.

В Национальном проекте «Технологическое обеспечение биоэкономики», который утверждён 31.12.2025г., предусматривается ряд приоритетных направлений научно-технологического развития РФ, включая разработку и внедрение технологических инноваций в различных областях, в том числе пищевой промышленности, для повышения качества и уровня жизни граждан РФ. В рамках реализации данного проекта предусмотрено развивать научные исследования в области питания человека, обеспечения качества и безопасности пищевой продукции; содействовать внедрению системы управления качеством пищевой продукции, а также другие точки и импульсы развития пищевой промышленности. Производство кисломолочной

продукции, играющей чрезвычайно важное значение в питании населения, невозможно без применения заквасок. На современном этапе промышленное производство отечественных заквасок начинает расширяться, поскольку в последние три десятилетия переработчики применяли главным образом импортные закваски из-за нехватки отечественных заквасок и более низкого их качества. В этой связи исследования Буркова И. А., направленные на совершенствование технологии сублимационной сушки и повышение показателей качества заквасочных культур для кисломолочных продуктов, следует отнести к решению актуальной задачи в области пищевых систем.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации достаточно высокая, что подтверждается глубоким анализом и систематизацией большого объема информации по изучаемой теме, применением современных приборов и методов анализа, математического планирования и статистической обработки полученных результатов. Диссертантом проведён большой объём экспериментальных исследований и расширена линейка данных о параметрах сублимационной сушки заквасочных культур на молочной основе, которые проанализированы и сформулированы выводы по работе. Основные результаты работы в достаточной степени апробированы, обсуждены в научном сообществе, разработанные предложения по сублимационному высушиванию заквасочных культур проверены в промышленных условиях.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Достоверность и новизна исследований и полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных и общепринятых методов исследования, кратностью проведенных опытов и математической обработкой полученных результатов.

Научная новизна диссертации заключается в обосновании и разработке численной модели процесса замораживания молочной суспензии клеток бактерий, позволяющей получить распределение температур во всем объеме сублимируемой массы продукта. К новым результатам следует отнести уточнённые параметры сублимационной сушки (температура и продолжительность замораживания, давление в камере сублиматора, температура полки), обеспечивающие высокое сохранение клеток при получении и хранении закваски для Мечниковской простокваши.

Оценка объема, структуры и содержания работы

Диссертационная работа и автореферат Буркова И.А. оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа имеет стандартную структуру и состоит из введения; глава 1 -Обзор литературы; глава 2–Организация работы, объекты и методы исследований; глава 3 – Влияние режимов замораживания, сублимационной сушки и защитных сред на выживаемость молочнокислых микроорганизмов; глава 4- Валидация и применение численных моделей при масштабировании процессов замораживания заквасок; глава 5 – Опытно-промышленная апробация технологии сублимационной сушки заквасочных микроорганизмов и оценка качества готовой продукции; Заключение; списка литературы; приложений. По объему, содержанию и сделанному заключению диссертация представляет законченное исследование с последовательными и логичными выводами.

Диссертация изложена на 128 страницах, содержит 17 таблиц, 26 рисунков, 6 приложений. В список литературы входит 148 источников, из которых 85 отечественной и 63 зарубежной литературы.

Во введении (стр.4-9) автором обоснована актуальность исследований; сформулированы цели и задачи исследований; представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; изложены

положения, выносимые на защиту; степень достоверности и личный вклад автора; представлена апробация результатов исследований.

Первая глава (стр.10-31) посвящена обзору научно-технической литературы по вопросам применения способа сублимационного высушивания заквасочных культур, который позволяет обеспечить высокий уровень сохранения жизнеспособности микроорганизмов, удобство хранения и транспортирования сухих заквасок. Автором рассмотрены процессы низкотемпературных технологий и оборудование, используемых при криоконсервировании и сублимационном высушивании заквасочных культур. Важно, что уделено внимание факторам, которые влияют на выживаемость микроорганизмов при различных способах их консервирования. Рассмотрены актуальные вопросы рынка заквасочных культур на современном этапе. В заключении главы диссертант констатирует необходимость проведения научного обоснования и уточнению технологических параметров замораживания и сублимационного высушивания применительно к конкретным культурам молочнокислых бактерий и применяемого оборудования.

Во второй главе (стр.32-49) автор излагает организацию, объекты и приводит общую схему проведения исследования. При описании методики проведения исследований диссертант подробно описывает специально созданный лабораторный стенд для сублимационного высушивания микроорганизмов, а также описание порядка управления установкой с применением разработанного программного обеспечения, что подтверждается Свидетельством № 2024667794 на Программу управления температурным логгером от 30.07.2024г. и Свидетельством № 2025662935 на Программу управления экспериментальной установкой сублимационной сушки от 23.05.2025 г. Особое внимание уделено методике проведения сублимации, включающей предварительное замораживание объектов, собственно сублимационное высушивание образцов и численное моделирование. При изложении методов, на ряду со стандартными методами

исследования, автор приводит оригинальный метод для проведения *теплофизического анализа процесса* замораживания с использованием автономного логгера температуры, который был собран диссертантом.

В третьей главе (стр.50-72) представлены результаты экспериментального исследования влияния режимов замораживания, параметров сублимационной сушки (температура полки и давление в камере), а также состава защитной среды на выживаемость *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и их консорциума. Выполнено сравнение различных протоколов предварительного замораживания, позволившего определить его рациональное значение минус 30 град С; установить температуры полок и диапазона давления в камере сублиматора, а также оценено влияние криопротекторов.

Анализ результатов полученных данных показал, что выживаемость молочнокислых бактерий отличалась для изученных культур и зависела как от температуры, так и от скорости охлаждения. Выявлено, что наибольшее сохранение клеток наблюдали при температуре замораживания минус 30 °С независимо от скорости охлаждения. Влияние скорости охлаждения проявлялось преимущественно при более низких температурах замораживания: минус 50°С и минус 70 °С.

Совокупный анализ теплофизических и микробиологических результатов изучения влияния температуры полок (в диапазоне от 0°С до 60°С с интервалом в 10°С) в сублиматоре на выживаемость клеток молочнокислых бактерий позволил диссертанту установить рациональные режимы. Выявлено, что температура полки 20°С обеспечивала интенсификацию процесса сублимационной сушки при сохранении количества клеток изучаемых видов молочнокислых бактерий практически на исходном уровне. Результаты определения влияния величины вакуума (применяли давление 10, 40, 60 и 100 Па) на выживаемость заквасочных культур показали, что статистически значимого влияния вакуума не было выявлено. Значения выживаемости оставались практически неизменными и

составляли около 71 % при всех исследованных давлениях. различия между режимами были невелики и не оказывали существенного влияния на общую продолжительность процесса сушки. Анализ количественной оценки энергозатрат, которые главным образом определяются энергозатратами работы вакуумного насоса, позволил установить минимальные энергозатраты, которые наблюдались в диапазоне 60-100 Па, где относительное энергопотребление составляло около 0,67 от максимального значения.

Результаты изучения влияния защитных сред (глицерин и желатоза, разрешенные для применения в пищевой промышленности в качестве добавок) на сохранение клеток изученных молочнокислых культур, выращенных на обезжиренном молоке, не выявили существенного влияния на количественные показатели выживаемости или состав микрофлоры закваски.

Таким образом, комплекс проведенных исследований в 3-ей главе, позволил определить рациональные параметры проведения сублимационной сушки. Фактически полученные результаты позволили осуществить многокритериальный выбор технологического режима процесса.

В четвёртой главе (стр.73-87) диссертантом предложено решение одной из важных задач – это обеспечение сопоставимости ключевых параметров технологического процесса, полученных в лабораторных условиях, при переходе к большим объемам в промышленном производстве заквасок. Для минимизации рисков, связанных с масштабированием параметров технологии сублимационной сушки заквасок, установленных при проведении лабораторных исследований, автор использовал методы математического и численного моделирования. Для этого диссертант провёл валидацию разработанной численной модели процесса замораживания путем сравнения результатов моделирования с данными эквивалентного теплофизического эксперимента.

Разработана и валидирована численная модель процесса замораживания заквасочной суспензии, основанная на методах CFD-моделирования. Сравнение результатов численного моделирования с данными физического эксперимента показало совпадение температурных кривых и времени охлаждения, при этом расхождение не превышало 5 %, что подтверждает адекватность модели. В работе показано, что разработанная модель позволяет анализировать пространственное распределение температур в объеме продукта и может быть использована при дальнейшем масштабировании лабораторных исследований процессов замораживания заквасок на промышленные установки.

В пятой главе (стр. 88-95) приведены результаты выработки опытно-промышленной партии сухой закваски, предназначенной для производства Мечниковской простокваши. Результаты проведенных выработок показали, что визуальных различий между сериями контрольных и опытных образцов выявлено не было, что свидетельствует о сохранении морфологических признаков микроорганизмов после сублимационной сушки. Значения всех показателей микробиологической безопасности заквасок не превышали допустимые уровни, установленные техническими регламентами ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Результаты опытно-промышленной выработки подтвердили целесообразность применения оптимизированных режимов сублимационной сушки без использования криопротекторов, позволяющих получать сухие неконцентрированные бактериальные закваски, полностью соответствующие требованиям нормативной документации. Полученные закваски после хранения в течение 3-х месяцев при температуре минус (30 ± 2) °С использовали для выработки Мечниковской простокваши. Анализ полученных данных показал, что закваски имеют высокую активность и позволили выработать Мечниковскую простоквашу со стандартными показателями качества и безопасности.

В Заключении (стр. 96 -97) представлены выводы, которые отражают основные результаты исследований в соответствии с поставленными задачами.

В приложениях к диссертации приведены свидетельства на разработанные программы (приложения А и Б); кривые зависимости температуры при замораживании от толщины слоя суспензии в поддоне при конвективном и кондуктивном охлаждении с различными температурами воздуха (минус 40°C, минус 50 °C, минус 60°C), а также при тех же температурах в вакууме (приложение В); скан титульного листа Изменения 1 к ТИ (Приложение Г); акты опытно-промышленной выработки сухой закваски (Приложение Д).

Материалы, представленные в автореферате, в полной мере отражают основные разделы диссертационной работы.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в создании экспериментального аппаратно-программного комплекса с автоматизированной регистрацией параметров для исследования процессов сублимационной сушки заквасок; совершенствовании существующей технологии производства сублимированных заквасочных культур, которая способствует обеспечению повышения их качества.

Результаты исследования внедрены в производство и оформлены в виде изменения № 1 ТИ ТУ 10.89.19-098-00419785-2023 Технологическая инструкция по производству заквасок.

Апробация работы.

Результаты проведенных исследований по теме диссертационной работы были доложены и обсуждены на 7 международных и всероссийских конференциях (2024 и 2025 гг.). По результатам работы опубликовано 15 печатных работ, в том числе: 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus, 7 статей в материалах конференций и журналах, индексируемых РИНЦ, получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Замечания, вопросы и рекомендации по диссертации:

1. Хотелось бы получить пояснение диссертанта, почему в качестве объекта исследований выбрана неконцентрированная бактериальная закваска (БЗ) для Мечниковской простокваши, хотя в настоящее время на предприятиях чаще применяют концентрированные бактериальные закваски (БК)?
2. Можно ли распространить полученные результаты на закваски, состоящие из других видов молочнокислых бактерий, например для рода *Lactococcus*?
3. В главе 2.7.1 (стр.46) автор использует термин «бактерии группы кишечной палочки», что не верно. Надо говорить «бактерии группы кишечных палочек».
4. В главе 2.7.2. (стр.47) в формуле 2.10 допущена ошибка: в числителе должна быть указана численность жизнеспособных микроорганизмов в образце после обработки, а в знаменателе - исходная численность жизнеспособных микроорганизмов в контрольном образце. Эта ошибка привела к не совсем точной трактовке терминов при обсуждении результатов (глава 3.1, стр.54).
5. Чем можно объяснить более высокую выживаемость культур в консорциуме по сравнению с монокультурами (глава 3, стр.56, табл.3.5.) ?
6. Как определяли, сохранялось ли исходное соотношение между штаммами (*Str. thermophilus* и *L. delbrueckii bulgaricus*) после сублимационного высушивания?
7. В работе приводятся данные о проверке закваски, полученной по усовершенствованной технологии в производственных условиях, но нет данных о показателях качества закваски при её хранении, которые следовало бы привести.

Заключение

Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования. По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа «Совершенствование технологии сублимационной сушки заквасочных культур для кисломолочных продуктов», выполненная Бурковым Иваном Александровичем, и представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы является законченной научно-квалификационной работой, отвечает требованиям ВАК РФ п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор И.А. Бурков заслуживает присуждения искомой степени по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Ведущий научный сотрудник
Проблемной научно-исследовательской
лаборатории (ПНИЛ) «Конструирование
и внедрение продуктов и рационов
персонализированного питания», ФГБОУ
ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского
(ПКУ)», доктор технических наук по
научной специальности 05.18.07 –
Биотехнология пищевых продуктов и
биологических активных веществ,
профессор

109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73

+ 7-916-318-87-90

vigan5428@yandex.ru

В. Ганина – Ганина В.И.

Подпись заверяю _____

Жаркова Е.Н. /Жаркова Е.Н./

Гл. специалист Управления отдела кадров

МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

« *04* » *мая* 2026г.