

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Московский
государственный университет
пищевых производств»,
д.т.н., профессор Щетинин М.П.

«26» февраля 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет
пищевых производств»

Диссертация «Научные и практические основы обеспечения безопасности пищевого сырья и продуктов общественного питания с использованием физико-химических методов обработки» выполнена на кафедре индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса.

В период подготовки диссертации соискатель Суворов Олег Александрович работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» помощником ректора по научно-технической деятельности молодых ученых и специалистов (2009-2010 гг.), начальником управления аспирантуры и докторантуры (2010-2013 гг.), доцентом кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса (2013-по настоящее время).

В 2005 году окончил Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП) по специальности «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» (инженер), имеет диплом бакалавра техники и технологии по направлению «Технология продуктов питания» (МГУПП, 2004 г.). В 2008 году окончил очную аспирантуру Московского государственного университета пищевых производств. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба с использованием замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности» защитил в 2008 году в диссертационном совете, созданном на базе МГУПП.

Научный консультант: Лабутина Наталья Васильевна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств», кафедра зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, заведующий кафедрой.

По итогам обсуждения принято заключение:

Актуальность диссертационной работы. Одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности России является продовольственная независимость. Увеличение объемов производства продуктов питания, ресурсосбережение и укрепление конкурентоспособности пищевой промышленности невозможны без внедрения прогрессивных высокоэффективных и экологичных решений для обеспечения качества продовольственных товаров на этапах их жизненного цикла, включающего технологию.

Согласно докладу «Проблемы глобальной пищевой промышленности» ООН (2013 г.), более трети всех произведенных продуктов выбрасывается. До 2 млрд т продовольствия пропадает из-за несовершенного хранения, перепроизводства и чрезмерных оптовых заказов. Ежегодно до 10 % пищевых продуктов не соответствуют нормам по санитарно-микробиологическим показателям. По данным ВОЗ («Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2018»), ежегодно около 1,8 млн человек умирает вследствие опасных пищевых инфекций, вызванных *Escherichia coli*, *Listeria*, *Salmonella* и другими микроорганизмами. Причиной заболеваний также являются токсичные химикаты и чистящие средства, оказывающиеся в составе продуктов. Опасные микроорганизмы почвы, воды, животных и людей переносятся через руки и кухонные принадлежности, и при контакте могут поступать в пищу. Транспортирование по трубопроводным линиям делает воду небезопасной вследствие образования микроорганизмами биопленок.

На основе системного подхода к обеспечению безопасности продуктов общественного питания при минимизации химических рисков возможен переход к высокоэффективному производству, достижению целей охраны здоровья человека и будущих поколений, профилактики пищевых отравлений и прерывания путей передачи инфекции. Повышение безопасности пищевого сырья и продуктов и снижение потерь при использовании высокоэффективных физико-химических методов будут способствовать решению вопросов продовольственной безопасности, сокращению ущерба окружающей среде и увеличению эффективности работы предприятий.

Изложенная концепция актуальна для реализации положений федеральных законов № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (с изм. на 13.07.2020 г.), № 492-ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации» (от 30.12.2020 г.) и ГОСТ Р ИСО 22000-2019 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции». Развитие научно-исследовательской базы и реализация практических задач по повышению качества питания являются социально-значимым и приоритетным направлением государственной политики, что нашло отражение в Стратегии повышения

качества пищевой продукции до 2030 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 г. № 1364-р).

Научная концепция заключается в развитии существующих и научно-практическом обосновании новых подходов и приемов повышения биологической безопасности продуктов питания и сырья на этапах их жизненного цикла с использованием электрохимически активированных растворов, низкотемпературной плазмы, наноразмерных частиц серебра, криотехнологии, сублимационной сушки и электростатической обработки, позволяющих контролировать бактериальную контаминацию и прерывать пути передачи инфекции.

Научная новизна. Научно обоснована разработка модели Парето-эффективного производства продовольственных товаров на этапах их жизненного цикла. Установлено компромиссное множество и определено решение технологической задачи оптимизации по нескольким критериям – совокупности показателей качества пищевых продуктов.

Теоретически обоснованы параметры физико-химических методов обеспечения биологической безопасности пищевых продуктов с использованием риск-ориентированного подхода на этапах их жизненного цикла и контроля контаминации *B. subtilis*, *E. coli*, *L. monocytogenes* и другими микроорганизмами. Выявлена максимальная эффективность использования физико-химических методов обработки сырья и продуктов при сохранении традиционной технологии общественного питания.

Выявлены новые данные о трехмерной архитектуре и функциях колонии микроорганизмов в форме модельной биопленки, образованной композицией молочнокислых бактерий (МКБ) и кишечной палочки (*E. coli*). Определена зависимость устойчивости биопленки к действию слабоминерализованной (менее 0,9 г/дм³) анолитной фракции ЭХАР и щелочных средств в протоке и в застойной зоне от содержания метаболически неактивных персистеров бактериальных клеток и способности микроорганизмов формировать многослойные структуры, защищенные биополимерным матриксом.

Показан механизм удаления бактериальной пленки, образованной МКБ и кишечной палочкой при последовательном воздействии восстановленного и окисленного ЭХАР – католита и анолита – и сцепления бактерий *E. coli* с микрорельефом поверхности посредством поверхностных нитевидных структур бактериальной клетки – фимбрий (*Fimbriae*) длиной от 0,5 до 4 мкм.

Установлена зависимость, позволяющая определить необходимый расход НЧС (10–15 нм) для соответствия нормируемым характеристикам микробиоты зерна при мгновенном эффекте и после хранения. Выявлены минимальные ингибирующие концентрации (МИК) в отношении бактерии *B. subtilis*. Обнаружено селективное влияние НЧС на дрожжевые (*S. cerevisiae*) и бактериальные (*B. cereus*, *E. coli*, *M. varians*) микроорганизмы в зависимости от

их концентрации и агрегатного состояния модельной среды культивирования. По-видимому, более плотная структура мембраны дрожжей обуславливает их относительную резистентность к НЧС.

Теоретически обоснованы параметры, влияющие на повышение эффективности сублимационной сушки пищевого сырья, и ЭСО для пролонгации срока годности и обеспечения качества продуктов питания. Установлена взаимосвязь между активацией и ингибированием микроорганизмов и напряженностью ЭСП.

Получены новые данные и установлена зависимость бактерицидного эффекта НТП в отношении бактерий *L. monocytogenes* на поверхности продуктов и биопленок *in vitro* от продолжительности обработки с эффективностью до 99%.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Экспериментально подтверждена высокая эффективность применяемых физико-химических способов обработки пищевого сырья и продуктов питания, способствующих пролонгации их срока годности, повышению безопасности и ресурсосбережению на этапах производства, хранения и реализации.

Созданы испытательные стенды для формирования и удаления микробной биопленки, моделирующие трубопровод сложной конфигурации с турбулентным потоком жидкости и застойными зонами. Разработаны способы дезинтеграции микробной биопленки и приемы обеззараживания объектов индустрии питания посредством использования ЭХАР для повышения безопасности и пролонгации срока годности сырья и готовых продуктов. Разработанные способы исследования биообрастания и дезинтеграции защищены четырьмя патентами №№ 178083, 179657, 188140, 194989.

Выявлена эффективная концентрация НЧС для ингибирования развития спорообразующих форм бактерий *B. subtilis*. Разработан метод удаления НЧС из зерновой массы. Показана эффективность обработки НЧС в процессе культивирования (48 ч) дрожжей *S. cerevisiae* в присутствии *B. cereus*, *E. coli*, *M. varians*. Способ антибактериальной обработки дрожжей (пат. № 2584603) позволяет избежать бактериальной контаминации при производстве кваса, пива, спирта, хлебобулочных изделий, кормовых и хлебопекарных дрожжей. Показана возможность использования упаковок, содержащих бактерицидные НЧС при реализации хлебобулочных изделий на базе Лечебно-реабилитационного клинического центра «Юдино» – филиала ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России (2016 г.).

Разработан способ антибактериальной обработки в отношении бактерий *L. monocytogenes* с применением низкотемпературной плазмы (на примере белокочанной капусты и биопленки *in vitro*).

Установлены режимы пролонгации срока годности и предотвращения процессов порчи продуктов методами сублимационной сушки и воздействия ЭСП. С учетом коэффициента пересчета срок годности продукта (на примере

ягод клубники и малины) составляет 28 мес при температуре 5–25°C. Использование ЭСП напряженностью 80 кВ/м приводило к снижению числа жизнеспособных клеток на поверхности продукта (на примере блюда «Лангет с помидорами») в 6 раз с $6 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^3$ КОЕ/см³ и к ускорению процесса остывания. Разработанные погружной электростатический активатор и устройства для обеспечения безопасности полуфабрикатов, готовых блюд и жидких пищевых продуктов защищены патентами №№ 163496, 170224, 173521.

Показано, что контроль контаминации *B. subtilis*, *E. coli*, *L. monocytogenes* и реализация методов прерывания путей передачи инфекции на объектах пищевой промышленности, продовольственной торговли и предприятиях общественного питания способствуют обеспечению биологической безопасности и снижению потерь при производстве и хранении сырья и продуктов.

Материалы выполненных исследований используются в учебном процессе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» при реализации профессиональных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по направлению 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания» и направлению 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания», а также направлению 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» и направлению 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», соответственно, в лекционных курсах, при проведении лабораторных и практических занятий, в курсовом проектировании по дисциплинам «Основы научных исследований», «Учебно-исследовательская работа», «Технология инновационной продукции общественного питания», «Системный анализ в индустрии питания», «Обеспечение безопасности продукции предприятий питания», «Методологический семинар», при проведении производственной практики (НИР), при выполнении выпускных квалификационных работ студентов университета; по направлению подготовки кадров высшей квалификации 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии (программа аспирантуры); в программах непрерывного образования учителей, школьников старших классов, студентов колледжей в рамках проектов Департамента образования и науки г. Москвы «Университетская среда для учителей» (технологический профиль), «Университетские субботы».

Разработанные рекомендации по применению метастабильных ЭХАР для обработки растительного сырья и продукции, помещений, оборудования на объектах пищевой промышленности, общественного питания, продовольственной торговли утверждены начальником управления развития отраслей сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Московской области (2019 г.). Разработаны ТУ 10.13.14-087-37676459-2017 «Карпаччо из куриных грудок» и ТИ 56.29.19-006-02068634-2020

по применению ЭХАР на предприятиях общественного питания, пищевой и биотехнологической промышленности.

Результаты исследований использованы при реализации:

государственных контрактов и заданий:

№ 01.648.12.3023 «Разработка нормативно-методического обеспечения и средств контроля содержания и безопасности наночастиц в продукции сельского хозяйства, пищевых продуктах и упаковочных материалах» (2010–2011 гг.);

№ 10.163.2011 «Разработка и анализ моделей сотрудничества в сфере исследований и разработок компаний пищевой промышленности и профильными российскими вузами при формировании спроса на технологии, поисковые проблемно-ориентационные и прикладные работы» (2012 г.);

№ 4.8611.2013 «Разработка, исследование и анализ эффективности использования наноматериалов с биоцидными свойствами в хлебопекарной промышленности» (2013 г.);

№ 40.2511.2014К «Разработка и внедрение в систему питания населения инновационных специализированных пищевых продуктов в упаковке нового поколения, содержащей наночастицы бактерицидного и антиоксидантного действия» (2014 г.);

№ 2014-14-579-0001-043 «Разработка новых энергосберегающих технологий и процессов для вакуумной сублимационной сушки широкого спектра термолабильных материалов, создание на их основе опытно-промышленного образца сушильного устройства для пищевой промышленности и прикладной биотехнологии» (2014 г.);

проектов в рамках Грантов Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук:

№ МК-5220.2014.4 «Обеспечение микробиологической безопасности продуктов питания различных сроков хранения при использовании нано- и криотехнологий» (2014–2015 гг.);

№ МК-8362.2016.11 «Разработка комплексных технических и технологических решений для продления сроков годности, повышения эффективности использования, качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов растительного и животного происхождения» (2016–2017 гг.);

проектов при поддержке Российского научного фонда:

№ 16-16-00020 «Исследование механизмов влияния метастабильных электрохимически активируемых веществ на биологические системы разного уровня организации для разработки новых подходов к обеспечению микробиологической безопасности и повышению эффективности сельскохозяйственного производства» (2016–2018 гг.);

№ 17-76-20014 «Разработка экологически чистой системы обеззараживания объектов агропромышленного комплекса посредством

электрохимически активированных растворов: архитектура, функция и дезинтеграция биопленок» (2017–2020 гг.);

№ 20-16-00019 «Развитие методов зеленой электрохимии для повышения эффективности пищевого производства: молекулярные, поликомпонентные и клеточные биологические мишени электрохимически активированного водного раствора» (2020–2022 гг.).

Результаты работы могут быть использованы как в научно-исследовательских и образовательных учреждениях пищевого профиля, так и в индустрии питания в целях решения комплексной проблемы управления качеством и микробной контаминацией сырья и продуктов.

Положения, выносимые на защиту

– Модель Парето-эффективного производства продовольственных товаров, основанная на решении технологической задачи оптимизации по нескольким критериям – совокупности показателей качества пищевых продуктов;

– теоретическое и экспериментальное обоснование эффективности использования многопрофильного комплекса физико-химических методов обеспечения безопасности технологии продуктов общественного питания посредством риск-ориентированного подхода на этапах жизненного цикла и контроля контаминации *B. subtilis*, *E. coli*, *L. monocytogenes*;

– технологические приемы применения и метод удаления наноразмерных частиц серебра при микробиологической стабилизации зернового сырья и как селективного биоцидного агента при культивировании дрожжей *S. cerevisiae*;

– рациональные режимы применения электрохимически активированных растворов при обеспечении биологической безопасности и качества используемых сырьевых компонентов растительного и животного происхождения и цепи создания продуктов общественного питания;

– трехмерная архитектура, функции колонии микроорганизмов в форме модельной биопленки, сформированной композицией МКБ и кишечной палочки (*E. coli*), и их дезинтеграция биоцидными растворами широкого спектра действия;

– технико-технологические решения деконтаминации и пролонгации срока годности пищевых продуктов, полуфабрикатов и готовых блюд при использовании низкотемпературной плазмы, электростатической обработки и криотехнологий.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены или опубликованы на международных конференциях, форумах и выставках: China Hi-Tech Fair в составе объединенной экспозиции Минобрнауки России (Китай, г. Шэньчжэнь, 2013 г.); Gemeinsamen Konferenz von DGHM und VAAM (Германия, г. Дрезден, 2014 г.); «Инновационные технологии обеспечения безопасности и качества продуктов питания. Проблемы и перспективы», «Безопасность и качество продуктов питания. Наука и

образование» (г. Москва, 2014 г.); Technology, Innovation and Entrepreneurship (Турция, г. Стамбул, 2015 г.); Nanosciences & Nanotechnologies (Греция, г. Салоники, 2016 г.); «Актуальные вопросы современных научных исследований», «Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Беларусь, г. Минск, 2017 г.); «Достижения и перспективы современной науки», «Тенденции и инновации современной науки» (Казахстан, г. Астана, 2017 г.); «Идеи - Инновации - Новые разработки» IENA-2017 (Германия, г. Нюрнберг, 2017 г., диплом); «Биология – наука XXI века» (г. Пущино – 2017–2019 г.); «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (г. Севастополь - 2018, 2019 г.); «Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты» (Чехия, г. Прага, 2019 г.);

на всероссийских и региональных научно-практических конференциях и выставках: «Юбилейная научно-практическая конференция МГУПП» (г. Москва, 2005 г.); «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития (г. Екатеринбург, 2011 г.); «Инновационные технологии в пищевой промышленности, товароведении и общественном питании» (г. Москва, 2013 г.); «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины» (г. Москва, 2013 г.); «Экспертиза, оценка качества, подлинности и безопасности пищевых продуктов» (г. Москва, 2013 г.); «Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд» (г. Москва, 2014 г.); «Товароведение, общественное питание и технологии хранения продовольственных товаров»; «Вопросы длительного хранения продовольственных товаров, товароведения и технологий общественного питания» (г. Москва, 2014 г.); «Научно-техническое творчество молодежи - путь к обществу, основанному на знаниях» (г. Москва, 2014 г.); «Инновации в товароведении, общественном питании и длительном хранении продовольственных товаров» (г. Москва, 2015 г.); «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (г. Краснодар, 2015 г.); «Пища. Экология. Качество» (г. Москва, 2015 г.; г. Красноярск, 2016 г.); «Пищевые инновации и биотехнологии» (г. Кемерово, 2016 г.); «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (г. Самара, 2016 г.); «Прогрессивные технологии в индустрии питания» (г. Москва, 2016 г.); «Вопросы продовольственного обеспечения в XXI веке» (г. Москва, 2016 г.); «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Качество пищи» (г. Москва, 2016 г.); «Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств» (г. Тверь, 2017 г.); «Пищевая индустрия и общественное питание: современное состояние и перспективы развития» (г. Самара, 2017 г.); «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука» (г. Москва, 2017 г.); «Научные труды Государственного Никитского ботанического сада» (г. Ялта, 2017 г.); «Актуальные вопросы

биологической физики и химии» (г. Севастополь – 2017, 2018 г.); «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста (г. Москва, 2018 г.); «Наука и инновации: векторы развития» (г. Барнаул, 2018 г.).

Личное участие соискателя ученой степени заключается в выборе стратегии исследования, определении цели, постановке и решении задач, планировании и проведении исследований, разработке новых подходов к решению экспериментальных задач, получении, обработке, обобщении результатов и использовании их на практике, разработке основных положений диссертации, выносимых на защиту.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований несомненна и подтверждается соответствием теоретических данных полученным результатам экспериментальных исследований; обеспечивалась использованием современных методов исследования, совокупностью экспериментальных данных, полученных на сертифицированном метрологически поверенном оборудовании, применением статистических методов обработки и производственными испытаниями.

Степень обоснованности этапов диссертационной работы следует из результатов анализа литературных источников и экспериментальных данных, полученных в ходе приведенных исследований. Представленные в работе научные положения обоснованы и подтверждены экспериментальными испытаниями. Опытные данные с достаточной степенью точности согласуются с общепринятыми концепциями, принятыми в данной области исследования.

Диссертационная работа Суворова Олега Александровича представляет собой заверченный научный труд, выполнена на достаточно высоком научном и методическом уровне, соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Полученные результаты экспериментальных исследований обладают новизной и практической значимостью, поскольку позволяют решить актуальные задачи производства и представляют научный интерес для действующих предприятий отрасли. Диссертация соответствует пунктам 3, 4, 5, 8 и 14 паспорта научной специальности 05.18.15. Опубликованные работы полностью отражают изложенные в диссертации материалы.

Диссертация «Научные и практические основы обеспечения безопасности пищевого сырья и продуктов общественного питания с использованием физико-химических методов обработки» Суворова Олега Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания на диссертационном совете Д 212.148.11 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств».

Заключение принято на заседании кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса. Присутствовало на заседании 20 человек. Результаты голосования: «за» - 20 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 10 от «26» февраля 2021 г.



Кусова Ирина Урузмаговна,
кандидат технических наук, доцент,
кафедра индустрии питания, гостиничного
бизнеса и сервиса, заведующий кафедрой