

**ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА ШАТНЮК ЛЮДМИЛЫ
НИКОЛАЕВНЫ**

на диссертационную работу Калининой Ирины Валерьевны на тему: «Научное и практическое обоснование модификации растительного антиоксиданта для эффективного использования в производстве пищевых продуктов», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.15 - Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания

Актуальность выбранной темы

Приоритетным направлением принятой Правительством РФ Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 года №1364-р) и Основ государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 года (Распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 года №1873-р) является научно обоснованное развитие пищевой промышленности.

Оно предполагает создание условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданным химическим составом, обеспечивающей повышение качества жизни населения, снижающей риск алиментарных заболеваний.

Глобальный план действий по профилактике неинфекционных заболеваний, разработанный Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), предусматривает повышение устойчивости организма человека к действию негативных факторов окружающей среды, в том числе оксидантного стресса.

В этой связи актуальным направлением развития пищевой промышленности является разработка и увеличение объемов производства новых и безопасных продуктов питания функционального и специализированного назначения с использованием растительных пищевых ингредиентов антиоксидантного действия, эффективность которых доказана результатами доклинических и клинических апробаций.

Особое значение в решении этих задач приобретает научно обоснованное производство продуктов питания, базирующееся на применении и развитии принципов комплексного подхода проектирования пищевой матрицы, позволяющих создать продукцию с заданными характеристиками качества.

Значительный вклад в решение задач оптимизации питания, развитие теории и практики разработки функциональных пищевых продуктов, в том числе с использованием растительных антиоксидантов, внесли отечественные и зарубежные ученые. Ряд преимуществ, среди природных антиоксидантов имеет дигидрокверцетин, поскольку этот ингредиент получен из экологически чистого сырья, имеет высокую антиоксидантную активность, разрешен к использованию в пищевой промышленности.

Концепция эффективности функциональных ингредиентов (ФПИ) включает в себя понимание механизмов взаимодействия пищевых ингредиентов с нутриентами матрицы продукта, а также изменений, которые претерпевают ФПИ в процессе пищеварения, процессах проявления их биоактивных свойств и влияния на метаболизм организма в целом.

С учетом вышеизложенного исследование технологических и функциональных особенностей растительных пищевых ингредиентов антиоксидантного действия, разработка рациональных методов обеспечения их эффективности в системе пищевого продукта является актуальным научным направлением.

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

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации по результатам исследований имеют существенное значение для развития теоретических основ модификации растительных антиоксидантов с целью повышения их эффективности в производстве продуктов здорового питания. Использование нетрадиционных, современных методов исследования основано на грамотном анализе отечественной и зарубежной научно-технической литературы, подтверждено результатами собственных экспериментальных данных. При проведении комплексной оценки качества сырья и готовой продукции автором применялись общепринятые, стандартные и специальные методы исследования с последующей математической обработкой полученных результатов.

Наиболее важным теоретическим результатом, полученным диссидентом, явилось формирование научной гипотезы о необходимости разработки методологии, позволяющей решать задачу проектирования пищевой матрицы не только путем технологической модификации функционального продукта, но путем повышения эффективности использования функциональных пищевых ингредиентов в составе продукта.

Калининой И.В. сформирована методология разработки продуктов с заданной эффективностью функциональных пищевых ингредиентов с использованием принятых в медицинских и биологических экспериментах методов *in vitro*, *in vivo*, *in silico*, которая позволила определить основной алгоритм исследований.

В качестве пищевого ингредиента антиоксидантного действия автором выбран дигидрокверцетин (ДГК) - вещество из группы флавоноидов, получаемый из лиственницы сибирской. Выбор этого антиоксиданта основан на сведениях Госреестра на продукцию, прошедшую государственную регистрацию, в котором включены 25 зарегистрированных пищевых и биологически активных добавок на основе дигидрокверцетина. Согласно МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ" для дигидрокверцетина была определена норма потребления 25-100 мг в сутки.

Для модификации ДГК соискателем предложены методы микронизации и инкапсуляции на основе ультразвукового воздействия с применением ультразвукового низкочастотного генератора отечественного производства.

Соискателем предложен оригинальный методический подход для основательной оценки функциональных свойств дигидрокверцетина. В показатели качества включены растворимость, дисперсный состав, антиоксидантная активность, индекс биодоступности, индекс биоактивности и липофильность.

Проведенная доклиническая оценка эффективности ДГК с использованием модели пищеварения позволила выявить потери этого ингредиента по индексам биодоступности и биоактивности, а низкая проницаемость ДГК через клеточные мембранны свидетельствовала о низкой липофильности. Полученные автором данные были использованы для последующей многопрофильной модификации ДГК для придания этой добавке свойств, способствующих внедрению в пищевую матрицу.

Полученные диссидентом данные электронной сканирующей микроскопии по влиянию режимов микронизации ДГК, свидетельствующие о высоких потерях биодоступности и биоактивности ДГК, послужили основой для разработки методов инкапсуляции ДГК, прошедшего предварительную микронизацию, на основе синтеза конъюгатов с бета-циклогексенином и получения наноэмulsionий.

Диссидентом доказано влияние процесса инкапсуляции ДГК на улучшение функциональных свойств антиоксиданта дегидрокверцетина в результате формирования массива экспериментальных данных, математическая обработка которых позволила получить уравнение регрессии и установить рациональный режим ультразвукового воздействия для получения конъюгатов.

В результате проведенных исследований и изучения функционально-технологических свойств конъюгатов ДГК установлено улучшение растворимости в воде, повышение антиоксидантной активности, увеличение потенциальной проницаемости через клеточные мембранны.

Инкапсуляция дигидрокверцетина после микронизации позволяет существенно увеличить его биодоступность и биоактивность. Поэтому комплексный подход к модификации ДГК, предложенный автором, доказывает перспективность его использования для получения пищевого ингредиента антиоксидантного действия высокой биодоступности и биоактивности.

Для использования ДГК в продуктах, содержащих липидную фракцию, были проведены дополнительные исследования сонохимического синтеза наноэмulsionий

Состоятельность авторских разработок была дополнительно подтверждена результатами исследования антиоксидантных свойств пищевых ингредиентов ДГК на клеточных культурах нейробластомы и нейтрофилов, которые доказали целесообразность использования

модифицированных форм дигидрокверцетина для пищевых продуктов.

Завершающим этапом оппонируемой работы в направлении изучения механизмов ультразвукового воздействия на пищевой ингредиент явились результаты собственных исследований Калининой И.В. и анализ литературных источников по молекулярному моделированию и квантово-химическим расчетам.

С использованием общедоступного программного обеспечения и авторской программы ЭВМ впервые были получены молекулярные модели ПИ ДГК, модифицированного на основе ультразвуковой микронизации и инкапсуляции.

Научные результаты нашли практическое применение при разработке рецептур хлебобулочных изделий с пищевыми ингредиентами модифицированного дигидрокверцетина с учетом его эффективности. Эффективность разработанной продукции была апробирована на группе волонтеров и подтверждена результатами клинических исследований с применением неинвазивных методов исследования.

Основные положения работы доложены и обсуждены на конференциях, форумах и конгрессах различного уровня, в том числе за рубежом (Республика Беларусь, Одесса, Украина; Варна, Болгария; Тарту, Эстония; Индия; Тунис).

Результаты научных разработок экспонировались на российских и международных выставках - "Золотая осень", "АГРО-2017", 7-ой межрегиональной агропромышленной выставке УрФО, Конкурсе евразийских агропродовольственных стратегий и др.

По материалам диссертации опубликованы 61 печатная работа, в том числе 2 монографии, 22 статьи, рекомендованных ВАК РФ, 10 статей, индексируемых международными базами данных Scopus и Web of Science, 3 патента РФ, 1 программа ЭВМ, а также ряд статей в материалах конференций, в научных трудах институтов.

Автореферат и печатные работы Калининой И.В. полностью отражают положения диссертационной работы. Следует обратить внимание на прекрасное оформление диссертационной работы и автореферата.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов

Научная новизна выполненной диссертационной работы заключается в следующем:

- предложена методология разработки пищевых продуктов с доказанной эффективностью функциональных пищевых ингредиентов в их составе, базирующаяся на сочетании методов *in vitro*, *in vivo*, *in silico*;
- научно обоснованы методы модификации растительного антиоксиданта для повышения его качества и функциональных свойств на основе применения ультразвуковой микронизации и инкапсуляции;

- впервые установлено и описано влияние ультразвукового воздействия на формирование потребительских свойств и качества пищевой добавки дигидрокверцина;
- научно обоснована целесообразность использования доклинической оценки функциональных свойств пищевого ингредиента дигидрокверцита на основе определение индексов биодоступности и биоактивности в модели пищеварения *in vitro*
- впервые получены и описаны пространственные модели модифицированных комплексов дигидрокверцетина и установлены прогнозируемые модели, адекватно описывающие их антиоксидантные свойства, потенциальную биоактивность и биодоступность;
- получены новые данные о факторах, определяющих потребительские предпочтения в отношении продуктов антиоксидантной направленности;
- научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования модифицированного дигидрокверцетина в качестве функционального пищевого ингредиента при производстве и хранении хлебобулочных изделий.

**Значимость для науки и практики
полученных результатов**

Получены зависимости, определяющие закономерности процессов повышения эффективности растительных антиоксидантов в составе пищевых систем.

В результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны и предложены:

1. Методика *in vitro* оценки потенциальной эффективности пищевых ингредиентов антиоксидантной направленности и продуктов на их основе;
2. Адаптированная методика спектрофотометрического метода количественного определения дигидрокверцетина, рекомендованная для использования в лабораторной практике;
3. Математические модели, адекватно описывающие влияние режимов ультразвукового воздействия на показатели антиоксидантной активности, биодоступности и биоактивности дигидрокверцетина при его модификации;
4. Рецептуры хлебобулочных изделий, обогащенные модифицированным дигидрокверцетином, с доказанной эффективностью антиоксидантного действия на новые виды продуктов

По результатам исследований разработаны и утверждены комплекты технической документации на новые виды продукции.

Результаты исследований, изложенные в главах 5, 6 и 7 диссертационной работы Калининой Ирины Валерьевны, свидетельствую о высоком уровне интеллектуальной и профессиональной подготовке соискателя. Разработанный автором подход к исследованию модели факторов потребительского поведения, основанный на формировании гипотезы и

проверке ее адекватности с применением статистического анализа, имеет высокую практическую ценность.

Сложившаяся ситуация на рынке Уральского региона соответствует требованиям специалистов по питанию, гигиенистов и медицинских работников в отношении расширения контактов с потребителями пищевой продукции и обучения их принципам здорового питания, предоставления профессиональной информации о важной роли обогащающих ингредиентов, в том числе антиоксидантах, часто не совпадающей со сведениями в СМИ.

При разработке хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми ингредиентами модифицированного дигидрокверцетина, и товароведной оценки их качества, одним из критериев автором выбран многокомпонентный состав пищевой матрицы хлебобулочных изделий. Комплексный подход, включающий выбор ассортимента хлебобулочных изделий; выбор вида обогащающей добавки модифицированного дигидрокверцетина и его дозировки; исследование физико-химических и сенсорных показателей качества готовой продукции, в том числе показателей, характеризующих пищевую ценность (массовую долю флавоноидов, массовую долю ДГК, антиоксидантную активность), подтвердил адекватность разработанных рецептур. Наибольший эффект по содержанию флавоноидов и ДГК был получен для хлебобулочных изделий с использованием инкапсулированных форм ДГК.

Достигнутый уровень биодоступности и биоактивности подтвердил эффективность обогащения хлебобулочных изделий модифицированным дигидрокверцетином, а для сохранения антиоксидантных свойств в матрице продукта целесообразно использовать инкапсулированную форму ДГК.

Модельные опыты ДГК с компонентами пищевой матрицы хлебобулочных изделий (крахмалом, клейковиной, липидными веществами) подтвердили формирование возможных комплексов антиоксиданта с макронутриентами, что позволило сохранить антиоксидантную активность ДГК в инкапсулированной форме. Включение в диету обогащенных дигидрокверцетином хлебобулочных изделий, повышает эффективность диетотерапии в отношении критериев, характеризующих состояние аппарата кровообращения, системы коагуляции, нормализовало антиоксидантную систему в организме обследуемых пациентов.

Практическая значимость проведенных исследований подтверждена актами производственных испытаний и внедрения, приведенными в таблице.

Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов, списка использованной литературы (в том числе 223 зарубежных источника), приложений. Основное содержание работы изложено на 309 страницах, содержит 8 рисунков и 65 таблиц.

Замечания по диссертационной работе

1. Диссертация Калининой И.В. отличается большим количеством ссылок на зарубежные источники литературы. в то же время автором не приводятся ссылки на последние последние публикации отечественных ученых (2017 - 2018 гг.), в которых приводятся дополнительные сведения об эффективности кверцетина и влияния его на защитный потенциал животных (Вопросы питания, № 5, 2018 г), ; о влиянии совместного использования кверцетина и других источников биологически активных веществ на улучшение защитно-адаптационного потенциала организма. Для сравнения можно было бы использовать данные И.А. Радаевой с сотр. (Пищевая промышленность, 2017, № 8), которые выявили положительно влияние ДГК на микробиологическую безопасность сгущенного молока.
2. На наш взгляд, в списке литературы некорректно используются ссылки самого автора диссертации, тем более что полный перечень публикаций представлен в автореферате.
3. В главе 6 автором подробно рассматривается проблема возможного взаимодействия ДГК с компонентами пищевой матрицы хлебобулочных изделий. Однако не приводится характеристика таких важных компонентов хлеба, как витамины и минеральные вещества, которые играют важную роль в процессе хлебопечения. Тем более, что некоторые из них обладают как биологической, так и антиоксидантной активностью.
4. При проведении модельных опытов по влиянию ДГК на показатели качества хлебобулочных изделий автором приведена усредненная характеристика основных технологических этапов производства хлебобулочных изделий и параметр их введения. В качестве основного параметра взята масса продукта 400 . При этом не учитывалось то обстоятельство , что в реальном производстве хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки вырабатываются массой не менее 800-900 г, а технология этих изделий предусматривает наличие в рецептуре закваски, а не дрожжей. Это обстоятельство может оказать существенное влияние на показатели содержания такого микроутриента как ДГК.
5. В главе 7 диссертации приводятся цифры экономического эффекта при производстве обогащенным ДГК хлеба в размере 3000 рублей на 100 кг изделия.

При этом отсутствует стоимость изготовления ДГК, технология которого слишком сложны и требует дополнительного высокоточного дорогостоящего оборудования.

Отмеченные замечания и пожелания не носят принципиального характера, не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Калининой Ирины Валерьевны.

Автором решена научная проблема проектирования функциональных продуктов питания с доказанной эффективностью за счет использования модифицированных антиоксидантов, изложены новые технологические решения, имеющие существенное значение для развития хлебопекарной отрасли.

Диссертационная работа отвечает требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, а ее автор Калинина Ирина Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.15 - Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки).

Официальный оппонент

Профессор кафедры пищевых производств
Некоммерческого образовательного частного
учреждения дополнительного образования
«Международная промышленная академия»
доктор технических наук, старший научный
сотрудник

Л.Н.Шатнюк

115093, Российская федерация, г. Москва
1-ый Щипковский пер., д.20
Тел.+7(916)120-37-43
ls0901@mail.ru

Ректор Международной
промышленной академии,
доктор технических наук,
профессор

О.А Ильина

Подпись Шатнюк Л.Н. Часы 14:44 /Ильина О.А/
Зав. отделом по работе с персоналом
09.11.2019г.

