

На правах рукописи



Симакова Инна Владимировна

НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОДУКЦИИ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ

05.18.15 - Технология и товароведение пищевых продуктов и  
функционального и специализированного назначения и общественного питания

Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора  
технических наук

Саратов - 2015

Диссертационная работа выполнена в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» на кафедре «Технологии продуктов питания»

Научный консультант: **Перкель Роман Львович**,  
доктор технических наук, профессор, профессор  
кафедры «Технологии и организации питания»  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский  
государственный торгово-экономический  
университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, профессор  
кафедры «Технологии жиров, косметики,  
товароведения, процессов и аппаратов» ФГБОУ  
ВПО «Кубанский государственный технологический  
университет»

**Герасименко Евгений Олегович**

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
«Сервиса и ресторанного бизнеса» ФГБОУ ВПО  
«Воронежский государственный университет  
инженерных технологий»

**Родионова Наталья Сергеевна**

доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой  
«Технологии, организации и гигиены питания»  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный  
институт экономики и торговли»

**Зубцов Юрий Николаевич**

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Дальневосточный  
федеральный университет»

Защита диссертации состоится «28» декабря 2015 года в 10 часов на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.182.08 при ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» по адресу: 302020, г. Орёл, ул. Наугорское шоссе, 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Государственный университет - УНПК» (<http://www.gu-unpk.ru/>), на сайте Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru/>).

Автореферат разослан «26» октября 2015г.  
Ученый секретарь диссертационного совета,  
к.т.н., доцент



А.П. Симоненкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В условиях всеобъемлющей глобализации и индустриализации в нашей стране произошли серьезные изменения рынка питания и услуг, приведшие к возрастанию доли продукции быстрого питания (от англ. «fastfood») в рационе. Ежегодно увеличивается число ресторанов быстрого питания, стремительно растут объемы индустриального производства такой продукции. Однако систематическое потребление продукции быстрого питания – это риск возникновения многих алиментарных заболеваний, связанных, в первую очередь, с нарушением метаболизма липидов, приводящим к тяжелым хроническим болезням, включая онкологические. Проблема приобретает особое значение еще и потому, что основной группой потребителей этой продукции является молодое поколение, для которого отрицательное влияние продуктов окисления жиров на здоровье особенно выражено.

Широкое развитие индустрии быстрого питания возможно только при обеспечении гарантированной безопасности производимой продукции.

Считается, что основным фактором безопасности продукции быстрого питания является безопасность жирового компонента. Однако в научной литературе не имеется строгих экспериментальных данных, доказывающих, что величина токсичного действия продукции быстрого питания на организм определяется именно содержанием токсикантов в жировой части продукции.

В соответствии с ФЗ-№184 «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г., показатели безопасности продукции относятся к числу обязательных требований, устанавливаемых техническими регламентами. Нормами действующего Технического регламента Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» все предприятия обязаны осуществлять контроль безопасности продукции на основе принципов НАССР с определением критических контрольных точек технологического процесса.

Вместе с тем, в технической документации на продукцию быстрого питания отсутствуют нормы, обосновывающие контроль безопасности и сроки годности продукции в зависимости от степени окисления жирового компонента, глубина изменений которого в процессе высокотемпературной обработки и длительного хранения продуктов быстрого питания до настоящего времени изучена недостаточно.

Настоящая диссертационная работа направлена на оптимизацию и разработку технологий, обеспечивающих безопасность продукции быстрого питания.

**Степень разработанности проблемы.** Проведенные исследования основаны на теоретических и экспериментальных трудах, посвященных исследованиям окисления жиров, таких ученых, как Н.М. Эмануэль, С.А. Денисов, J. Velasco, S. Marmesat, M. C. Dobarganes, S. Lalas, M.K Gupta, P. Dutta, B. Innawong, G. Marquez-Ruiz, M. Tasioula-Margari, В.П. Ржехин, Р.Л. Перкель, А.Н. Лисицын.

Тем не менее, ряд принципиальных вопросов в области термоокислительной деструкции жиров не решен. До сих пор нет единого мнения по поводу оптимального жирнокислотного состава фритюрного жира. В научно-технической литературе отсутствуют исследования, характеризующие влияние уровня *транс*-изомеризации олеиновой кислоты на безопасность и физиологическую ценность фритюрных жиров.

До последнего времени в нашей стране отсутствовало промышленное производство специальных сорбентов, обеспечивающих эффективную очистку фритюрных жиров от продуктов окисления. В ограниченных количествах используются натуральные и синтетические антиоксидантные комплексы для защиты от окисления фритюрных жиров, эксплуатирующихся в жестких температурных режимах.

Особую сложность представляет научная оценка безопасности продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства, в зависимости от их жирнокислотного состава, продолжительности хранения, состава и структуры применяемых адсорбентов, технологии очистки, концентрации используемых антиоксидантных комплексов. Следует подчеркнуть, что для всех продуктов и технологических процессов, не имеющих установленных гигиенических норм Роспотребнадзора, оценка безопасности не может быть основана на результатах исследования физико-химических показателей образцов. По мнению ведущих европейских специалистов, адекватная оценка безопасности может быть получена только в сложных биологических экспериментах на животных.

Все выше изложенное определяет **актуальность** исследований диссертационной работы.

Часть исследований диссертационной работы выполнена в рамках ведомственной целевой программы Министерства сельского хозяйства Саратовской области Ассоциация «Аграрное образование и наука».

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационных исследований являлась разработка научных и практических решений по обеспечению безопасности продукции быстрого питания, основанных на использовании очистки фритюрных жиров комплексным наносорбентом и стабилизации жирового компонента продукции быстрого питания природными антиоксидантами.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- разработать схему производственного контроля безопасности продукции быстрого питания;
- оценить безопасность продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства, и обосновать критерии оптимизации жирнокислотного состава фритюрных жиров;
- исследовать кинетику высокотемпературного окисления фритюрных жиров и интенсивность впитывания жира обжариваемым продуктом в

зависимости от степени окислительной порчи жира и химического состава продукта;

- уточнить допустимый уровень показателей, характеризующих безопасность фритюрных жиров и продукции быстрого питания, в исследованиях на животных;
- разработать технологию повышения безопасности фритюрного жира с использованием адсорбционной очистки комплексным наносорбентом нового поколения;
- разработать технологии продукции быстрого питания с применением природных антиоксидантных комплексов, позволяющих стабилизировать ее жировой компонент при хранении и улучшить товароведно-технологические свойства;
- оценить безопасность продукции и экономический эффект от предложенных технологий; разработать комплект нормативной и технической документации, технологических рекомендаций, решений, поддержанных патентами РФ.

**Научная концепция работы.** Научное решение проблемы безопасности продукции быстрого питания базируется на современных знаниях технологии производства продуктов питания, пищевой и физической химии, физиологии питания, нутрициологии, а также смежных научно-технических направлений. В основу исследований положена научная гипотеза, заключающаяся в оценке безопасности продукции быстрого питания и технологических процессов ее производства по уровню термоокислительной деструкции жирового компонента.

**Научная новизна.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 3, 4, 5, 10, 13 и 14 паспорта специальности 05.18.15.

Теоретически обоснована необходимость оценки безопасности жиров - основного функционально-технологического ингредиента продукции быстрого питания.

Установлена решающая роль вторичных термостабильных продуктов окисления - сополимеров, нерастворимых в петролейном эфире (СНПЭ), - в оценке безопасности продукции быстрого питания и необходимость нормирования этого показателя в технической документации.

Определен оптимальный жирнокислотный состав фритюрных жиров. Экспериментально доказано, что смеси, содержащие гидрогенизированные жиры, непригодны для использования в качестве фритюрных жиров.

Научно обоснован выбор сырьевой базы и разработана технология производства нового многокомпонентного термомодифицированного гранулированного наносорбента для очистки частично окисленных фритюрных жиров от продуктов окисления. Исследованиями на животных доказана эффективность очистки, позволяющей восстановить безопасность жиров и продлить срок использования их в технологическом процессе, а также повысить безопасность обжариваемых продуктов.

Научно обоснована и экспериментально доказана целесообразность применения природных смесей антиоксидантов при производстве продукции быстрого питания с длительными сроками хранения.

Экспериментально подтверждена целесообразность оценки безопасности продукции быстрого питания и технологических процессов ее производства по результатам гематологических, патологоанатомических и гистологических исследований в эксперименте на животных.

Установлена идентичность патологических процессов в организме и изменения формулы крови при включении в рацион животных продукции быстрого питания и термоокисленных фритюрных жиров, использовавшихся для ее производства.

Впервые оценена величина токсического влияния и патологий на тканевом и клеточном уровне при употреблении различных видов продукции быстрого питания.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость заключается в систематизации и расширении научных знаний о глубине изменений жирового компонента продукции быстрого питания в процессе высокотемпературной обработки и длительного хранения; интенсивности патогенеза в зависимости от концентрации токсичных продуктов окисления жиров; адекватных методах оценки безопасности продукции быстрого питания, базирующихся на физико-химических и биологических исследованиях. Обобщения и выводы исследования могут способствовать формированию теоретической базы для дальнейшего развития представлений об обеспечении безопасности продукции быстрого питания.

На основании проведенных исследований разработан способ очистки фритюрных жиров, позволяющий значительно повысить безопасность фритюрной продукции и продлить срок использования жиров в технологическом цикле производства фритюрной продукции. Результаты исследований подтверждены в промышленных условиях на ЗАО «Челны-хлеб». Данный способ внедрен в практику работы: ООО «Здоровое питание», акт внедрения от 28.03.2013 года, ООО «Гурман», акт внедрения от 10.04.2013 года, ИП «Волохов», акт внедрения от 12.04.2013 года, ООО «Отель Жемчужина», акт внедрения от 12.04.2013 года, ООО «Феникс К», акт внедрения от 26.06.2013 года.

На способы очистки фритюрных жиров получено 6 патентов РФ на изобретения. Разработаны технические условия на комплексный гранулированный термомодифицированный наносорбент.

Полученный экспериментальный материал позволил разработать практические рекомендации для предприятий индустрии питания:

- методики очистки термоокисленных фритюрных жиров и подсолнечного масла;
- методики контроля безопасности фритюрных жиров, утвержденные на уровне Правительства Саратовской области;

- технология применения CO<sub>2</sub>-экстрактов пряных трав, как антиоксидантов, при производстве изделий в индустрии питания.

По итогам III Саратовского Салона изобретений, инноваций и инвестиций в 2003 году работа отмечена бронзовой медалью, в 2013 году на VIII Саратовском Салоне изобретений, инноваций и инвестиций - золотой медалью. На 14 специализированной выставке с международным участием «Продэкспо. Продмаш.- 2014» получена золотая и серебряная медали.

Разработаны рецептуры, технологии, технологические схемы производства и утвержден комплект нормативной и технической документации на новые виды пищевой продукции: «Сухарики с укропом и душистым перцем» (ТУ 5414-015-00493497-2010), «Чипсы из натурального картофеля с укропом и душистым перцем» (ТУ 5131-014-00493497-2010), «Кекс творожный с облепихой» (ТУ 5416-016-00493497-2010). Изделия внедрены в производство УНПЛ «Питание» ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова» и ресторана «Jardin» г. Саратов, а также используются ресторанами здорового питания «Seedays» в г. Чикаго, США.

Результаты научных и экспериментальных исследований использованы в учебном процессе в курсах дисциплин по направлению подготовки 19.03.04, 19.04.04 «Технология продукции и организация общественного питания» и 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья». Разработанные научные положения и практические решения нашли применение при организации научно-исследовательских работ аспирантов, магистров, студентов.

**Методология и методы исследования.** В рамках настоящей работы для удобства анализа объединили в одну категорию несколько существующих сегодня товароведных групп продуктов с большой долей жирового компонента: продукцию сетей быстрого питания (фастфуда), определенный ассортимент снеков и мучных кондитерских изделий промышленного производства, обозначив общим термином «продукция быстрого питания». Эти группы товаров объединяют общие признаки: они содержат значительную долю жирового компонента, который оказывает решающее влияние на их безопасность, вкусовые и структурные свойства; не требуют значительных затрат времени на употребление; доступны и популярны среди детей и молодежи.

Объектами исследования явились: продукция быстрого питания; экстрагированный из нее жировой компонент; масла и жиры, используемые индустрией питания в качестве фритюрных жиров; наносорбент на основе природных материалов; природные антиоксиданты; опытные и контрольные группы экспериментальных животных. Предметом исследования были физико-химические изменения жирового компонента продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства, в процессе высокотемпературной обработки и хранения; методы контроля и оценки безопасности продукции быстрого питания на этапе производства и обращения, адсорбционная очистка фритюрных жиров, антиоксидантная стабилизация жирового компонента продукции быстрого питания.

В работе использовали стандартные и общепринятые методы исследования: физико-химические, органолептические, микробиологические. Определение массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме производили методом газовой хроматографии по ГОСТ Р 51486-99. Суммарное содержание сополимеров, нерастворимых в петролейном эфире (СНПЭ, %), определяли по методике ВНИИЖ.

Количество испарившейся влаги определяли гравиметрическим методом по разнице массы. Выделение жира из готового продукта производили экстракционно-весовым методом по ГОСТ 54053-2010 «Методы определения массовой доли жира».

Количественный анализ элементного состава наносорбента производился на энергодисперсионном рентгеновском флуоресцентном спектрометре EDX-720 методом калибровочных кривых фундаментальных параметров. Изучение пористой структуры образцов наносорбента определяли по низкотемпературной адсорбции азота на быстродействующем анализаторе сорбции газов Quantachrome NOVA (США). Определение структурных характеристик производили методом Брунауэра-Эммета-Тейлора.

Исследование влияния на организм животных при длительном потреблении фритюрных жиров, обжариваемых в них продуктов, а также чипсов, сухариков, песочного печенья промышленного производства и вновь разработанных изделий проводили путем патоморфологического, гистологического, гематологического методов исследования. Клинический анализ крови осуществляли аппаратным методом на гематологических анализаторах: PSE 90 Vet, Biochem SA (производство США).

Расчеты, построение графиков и их описание для различных показателей осуществляли при помощи программ Microsoft Excel, Microsoft Word. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью прикладной программы «StatPlus».

Работа выполнена в УНПЛ по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции, УНИЛ «Исследования качества и реологических свойств пищевых продуктов», НИЛ «Технология кормления и выращивания рыбы», в учебно-научно-технологическом центре «Ветеринарный госпиталь», в лабораториях кафедры «Морфологии, патологии и биологии животных» ФГБОУ ВО «Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова»; в лабораториях кафедры «Технологии и организации питания» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский торгово-экономический университет»; на базе испытательной лаборатории Холдинга «Солнечные продукты» (г. Саратов); испытательной лаборатории пищевых продуктов и продовольственного сырья Энгельсского технологического института, лаборатории физической химии Национального Исследовательского Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, лаборатории научно-производственного предприятия «Lisskon», г. Саратов.

На рисунке 1.1 представлена программно-целевая схема исследований.

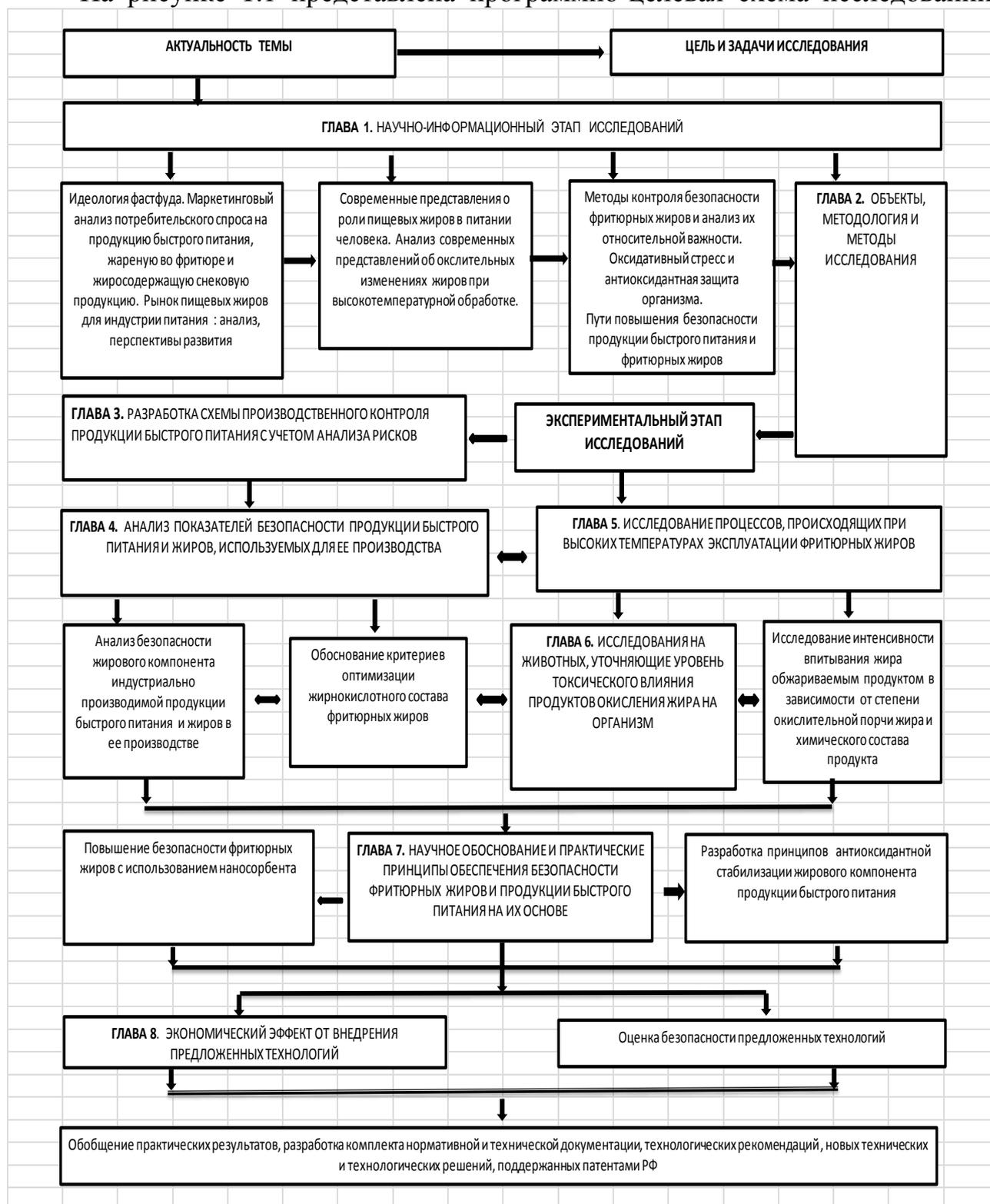


Рисунок 1.1 – Программно-целевая схема исследований

**На защиту выносятся следующие научные положения:**

1. концепция обеспечения безопасности фритюрных жиров и продукции быстрого питания путем снижения в них содержания продуктов термоокисления жиров;

2. совокупность экспериментальных данных по исследованию безопасности жирового компонента продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства;
3. критерии оптимизации жирнокислотного состава фритюрного жира;
4. результаты исследований процессов, происходящих при высоких температурах эксплуатации фритюрных жиров;
5. результаты исследований на животных, уточняющие уровни токсического влияния на организм продуктов окисления жиров и продукции быстрого питания;
6. результаты очистки фритюрных жиров многокомпонентным гранулированным термомодифицированным наносорбентом;
7. научно обоснованные способы стабилизации жирового компонента продукции быстрого питания с применением натуральных ингибиторов окисления.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Достоверность подтверждается выбором современных методов анализа, проведением исследований в аккредитованных лабораториях на сертифицированном оборудовании с установленными метрологическими характеристиками, промышленной апробацией, использованием методов статистической обработки полученных экспериментальных данных.

Основные результаты работы опубликованы в трудах, доложены и обсуждены на Международной конференции «Химия и технология биологически активных веществ, пищевых продуктов и добавок. Экологически безопасные технологии» (Москва-Тверь, ИБХФ РАН, 2001), Всероссийской научно-практической конференции «Вавиловские чтения-2004» (Саратов, 2004), Международной научной конференции «Пути повышения качества услуг общественного питания» (Саратов, 2005), Международной научно-практической конференции «Наука и социальные проблемы общества: питание, экология, демография» (Харьков, 2006), Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Харьковского государственного Университета общественного питания и торговли (Харьков, 2007), IV Российском форуме «Здоровое питание с рождения: медицина, образование, пищевые технологии. Санкт-Петербург-2009» (Санкт-Петербург, 2009), Международной научно-практической конференции «Новейшие технологии оздоровительных продуктов питания» (Харьков, 2010), V Российском форуме «Здоровое питание с рождения: медицина, образование, пищевые технологии. Санкт-Петербург-2010» (Санкт-Петербург, 2010), Международной научно-технической конференции «Современные достижения биотехнологии» (Ставрополь, 2011), V научно-практической конференции «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2012), Международной научно-практической конференции «Прогрессивная техника и технологии пищевых производств, гостиничного, ресторанного хозяйств и торговли. Экономическая стратегия и перспективы развития сферы торговли и услуг» (Харьков, 2012), Международной научно-технической Интернет-

конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем» (Орел, 2013), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные направления в пищевых технологиях» (Пятигорск, 2013), Международной научной конференции «Ковалевские чтения -2013» (Санкт-Петербург, 2013), Международной научно-технической конференции «Новое в технике и технологии пищевых производств» (Белгород, 2013), Международной выставке «Продэкспо. Продмаш» (Саратов, 2014), III Международном форуме «Инновационные технологии обеспечения безопасности и качества продуктов питания. Проблемы и перспективы» V Международной научно-технической конференции «Безопасность и качество продуктов питания. Наука и образование» (Москва, 2014) и других.

**Личное участие автора** на всех стадиях работы состояло в формировании научного направления, постановке цели и задач исследований, разработке экспериментальных и теоретических подходов при проведении и анализе исследований, выполнении самостоятельных экспериментов, статистической обработке результатов, формулировании выводов и заключения, проведении апробации результатов исследований в производственных условиях, подготовке публикаций по данным научных исследований.

**Публикации.** По результатам исследования опубликовано 124 работы, в том числе 16 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 6 патентов РФ на изобретения. В список публикаций, приведенных в конце автореферата, не включены тезисы докладов, статьи, опубликованные в сборниках научных конференций и конгрессов.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы, посвященной материалам и методам исследования и 6-ти глав, в которых приведены результаты исследований и их анализ, выводов, списка литературы и приложений с актами испытаний и внедрения, патентами, дипломами, технической документацией. Работа изложена на 388 страницах основного текста, содержит 73 рисунка и 153 таблицы. Список литературы включает 637 наименований, в том числе 230 иностранных источников.

Диссертационная работа является обобщением научных исследований, проведенных в 1998-2015 гг. лично автором и / или при его непосредственном участии в качестве научного консультанта или руководителя научной работы аспирантов (Макаровой А.Н., Носовой А.С., Погосян А.М.), а также магистров и студентов.

#### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** сформулированы актуальность, цель и задачи исследований, их научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

**В главе 1** приведены обобщенные данные по состоянию потребительского спроса на продукцию быстрого питания, по проблеме увеличения доли продукции быстрого питания в рационе современных людей, особенно молодежи, современным представлениям об окислении жиров и

методам контроля их качества, включая последние достижения зарубежных исследователей. Показано, что актуальными являются исследования, направленные на повышение безопасности продукции быстрого питания. Перспективным решением является периодическая адсорбционная очистка жиров при производстве фритюрной продукции от токсичных продуктов окислительного распада и антиоксидантная стабилизация жирового компонента продукции быстрого питания с использованием природных комплексов ингибиторов окисления.

**Глава 2** содержит описание организации и постановки экспериментов, применяемых методик исследований.

В последующих главах изложены результаты экспериментальных исследований, полученные в рамках настоящей диссертационной работы.

### **ГЛАВА 3. Разработка схемы производственного контроля продукции быстрого питания с учетом анализа рисков**

Предприятия, производящие фритюрную продукцию быстрого питания, отличаются тем, что безопасность жирового компонента контролируется только на стадии технологического процесса во время фритюрной жарки. Однако до сих пор контроль безопасности самой готовой продукции и ее жирового компонента на конечной стадии технологического процесса и на стадии обращения не предусмотрен нормативными документами.

В связи с вышеизложенным, целесообразность разработки по данной проблеме продиктована отсутствием отработанных эффективных схем производственного контроля безопасности продукции быстрого питания.

В соответствии с ТР ТС 024/2011, безопасность жирового компонента этой продукции определяется содержанием пероксидов (не более 10 мэкв / кг) и свободных жирных кислот (СЖК) - не более 0,6 мг КОН / г. Однако показатели безопасности жиров, предписанные ТР ТС 021 / 2011 и ТР ТС 024 /2011, не отражают в полной мере требования безопасности к жировому компоненту продукции быстрого питания, так как в них не нормирован важнейший показатель безопасности термоокисленных жиров, показывающий содержание токсичных продуктов – сополимеров, нерастворимых в петролейном эфире (СНПЭ). Регламентированная концентрация СНПЭ для отработанных фритюрных жиров по СП 2.3.6.1079-01 - 1 %.

Предлагаемая нами принципиальная схема производственного контроля и критические контрольные точки технологического процесса на примере производства фритюрной продукции и продукции быстрого питания с большой долей жирового компонента приведены на рисунке 3.1.

Таким образом, в результате исследований по этому разделу проведен анализ технологического процесса производства продукции быстрого питания на примере предприятий, использующих фритюрную жарку и производящих продукцию с большой долей жирового компонента. Проанализированы показатели безопасности жиров и нормативные документы по контролю

безопасности производственного процесса, используемые для производства продукции быстрого питания.

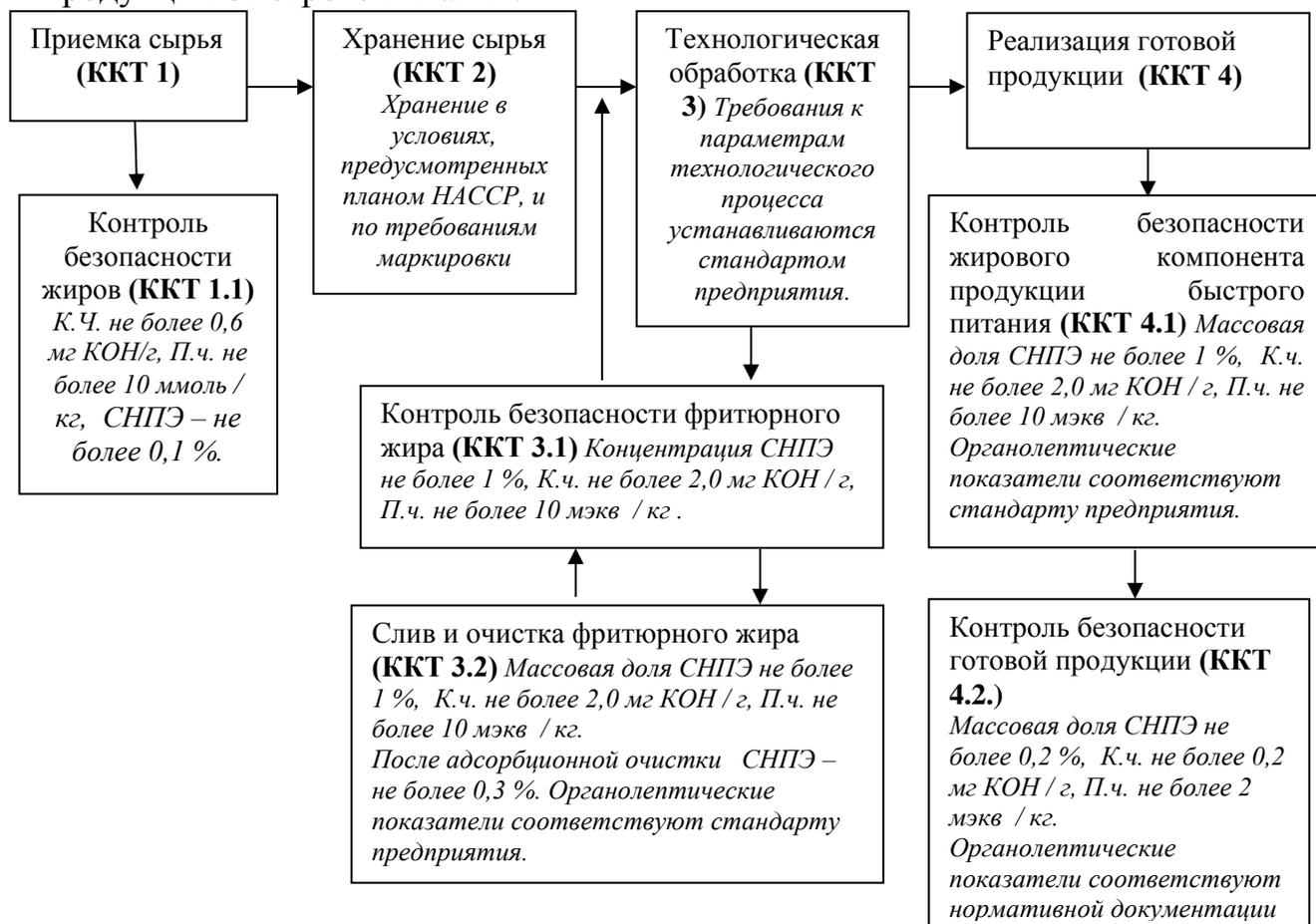


Рисунок 3.1 - Принципиальная схема, критические точки и нормы производственного контроля на примере продукции быстрого питания

Впервые предложена новая схема контроля безопасности продукции быстрого питания, предусматривающая контроль показателей готовой продукции. Предложены нормативы показателей безопасности в критических контрольных точках технологического процесса.

## Глава 4. Анализ показателей безопасности индустриально производимой продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства

### 4.1 Анализ безопасности жирового компонента индустриально производимой продукции быстрого питания

До настоящего времени контроль безопасности и сроки хранения продукции быстрого питания промышленного производства ограничиваются только микробиологическими показателями без учета безопасности жирового компонента, степень изменений которого на этапе обращения продукции остается неизученной.

В соответствии с задачами работы, объектами исследования были выбраны наиболее популярные у потребителей продукты быстрого питания промышленного производства.

Исследования массовой доли жира показали, что содержание жира в готовой продукции индустриального производства колеблется от 8 до 28 % (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Массовая доля жира в исследуемых продуктах, %

Наименование изделия	Массовая доля жира, %
<b>Фритюрная продукция</b>	
Чипсы (лепестками) из картофеля ООО «Русскарт», Россия	27,8±0,4
Чипсы картофельные соломкой «Pomstiks», Польша-Германия	26,9 ±0,6
Чипсы кукурузные «Карамбас», Россия	17,9±0,4
Лапша «Роллтон»	21,5±0,4
Чак-чак	17,6±0,5
<b>Снековая продукция, в том числе снеки здорового питания</b>	
Крекер «TUC», Германия	16,9±0,3
Сухарики С-ЗАО «Бриджтаун Фудс», Россия	8,5±0,3
Песочное печенье «Аро», Россия	19,7±0,5
Батончик «Эго» мюсли с вишней, Словакия	11±0,3
Батончик мюсли «Fit» сочный, Чешская республика	8,6±0,4

Результаты, представленные в таблице 4.2, отражают жирнокислотный состав экстрагированного жирового компонента в исследуемой продукции быстрого питания.

Таблица 4.2 – Массовая доля индивидуальных жирных кислот в жировой фазе исследуемой продукции быстрого питания

Наименование и обозначение жирной кислоты	Массовая доля, %				
	Жир, экстрагированный из фритюрной продукции				
	Чипсы лепестками из картофеля	Чипсы соломкой картофельные	Чипсы кукурузные	Чак-чак	Лапша Роллтон
1	2	3	4	5	6
Лауриновая C12:0	0,1±0,1	0,1±0,1	-	0,4±0,1	0,1±0,1
Миристиновая C14:0	0,4±0,1	1,1±0,1	-	1,2±0,1	0,5±0,1
Пальмитиновая C16:0	20,3±0,1	41,6±0,1	4,7±0,2	24,7±0,1	44,3±0,3
Стеариновая C18:0	4,4±0,2	4,2±0,2	2,7±0,2	3,95±0,2	3,5±0,1
Олеиновая C18:1	29,8±0,3	42,7±0,2	82,4±0,3	33,5±0,2	41,0±0,3
Линолевая C18:2	40,1±0,1	10,3±0,4	10,2±0,2	37,05±0,2	7,0±0,2
	Жир, экстрагированный из снековой продукции, включая продукты здорового питания				
	Сухарики	Печенье песочное	Крекер	Батончик мюсли «Его»	Батончик мюсли «Фит»
Лауриновая C12:0	0,1±0,1	8,5±0,1	0,2±0,1	0,8±0,1	0,6±0,1
Миристиновая C14:0	0,2±0,4	3,3±0,3	1,3±0,1	1,3±0,1	0,9±0,1

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
Пальмитиновая С16:0	10,7+0,2	34,1+0,2	41,4+0,2	49,7+0,2	37,6+0,2
Стеариновая С18:0	4,8+0,4	4,5+0,3	4,5+0,1	7,6+0,1	4,9+0,1
Олеиновая С18:1	27,0+0,1	36,4+0,1	41,1+0,3	31,9+0,2	40,8+0,2
Линолевая С18:2	53,2+0,1	10,9+0,1	11,5+0,1	8,7+0,1	15,2+0,1

По соотношению основных жирных кислот установлено, что при изготовлении данных изделий используются растительные масла, в основном пальмовое и подсолнечное, и их смеси.

Следует отметить, что жирнокислотный состав исследованной продукции не соответствует рекомендациям Роспотребнадзора для здорового питания (МР 2.3.1.2432-08, утвержденные Главным государственным врачом РФ), не обладает физиологической полноценностью из-за достаточно высокого содержания насыщенных жирных кислот, особенно в так называемых батончиках здорового питания.

Исследование показателей безопасности жирового компонента в изделиях проводились на этапе их реализации в торгово-розничной сети, через 3 месяца хранения (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Показатели безопасности жирового компонента продукции быстрого питания

Наименование изделия	К. ч., мг КОН / г	П.ч., мэкв активного кислорода / кг	Массовая доля СНПЭ в жировом компоненте, %	Массовая доля СНПЭ в готовой продукции, %
Чипсы (лепестками) из картофеля	0,39	10,5	2,55	0,7
Чипсы соломкой картофельные	1,0	2,9	1,0	0,3
Чипсы кукурузные	0,8	8,8	1,3	0,23
Чак-чак, «Челныхлеб», Татарстан	2,7	13,6	1,6	0,3
Лапша «Роллтон», Россия	0,4	2,4	1,4	0,3
Крекер «TUC», Германия	0,7	1,2	0,7	0,1
Сухарики С-ЗАО «Бриджтаун Фудс», Россия	0,79	6,6	1,32	0,1
Печенье песочное «Аро», Россия	0,41	3,5	3,65	0,7
Батончик «Эго» мюсли с вишней, Словакия	1,9	1,4	1,2	0,1
Батончик мюсли «Fit» сочный, Чешская республика	2,6	4,2	2,1	0,2

Установлено, что в жировом компоненте продукции быстрого питания происходит интенсивное накопление СЖК (чак-чак, сухарики, кукурузные чипсы, крекер, батончики мюсли), гидропероксидов (чак-чак, чипсы).

Концентрация СНПЭ в жировом компоненте продуктов быстрого питания в 1,2-3,6 раза превосходит норму, указанную на рисунке 3.1.

Полученные данные подтверждают выводы о том, что существует необходимость контроля безопасности самой готовой продукции и пересмотра сроков реализации этих групп продукции с учетом показателей безопасности жирового компонента.

Кроме того, следует ужесточить требования к исходным жирам, используемым для производства продукции быстрого питания с большой долей жирового компонента и к условиям хранения данной продукции. В связи с этим была проведена оценка показателей безопасности жиров, которые использовались для производства продукции быстрого питания предприятиями Саратова, Санкт-Петербурга, Республики Татарстан (таблица 4.4).

Анализ показателей безопасности жиров показал, что по содержанию СЖК и пероксидов фритюрные жиры соответствуют требованиям нормативных документов.

Таблица 4.4 - Показатели безопасности фритюрных жиров

Образцы масел и жиров	К. ч., мг КОН / г	П.ч., мэкв активного кислорода / кг	Массовая доля СНПЭ, %
Образцы пальмового масла			
Образец №1	0,13	1,54	0,17
Образец №2	0,06	4,68	1,18
Образец №3	0,07	0,26	1,14
Образец №4	0,1	0,4	0,4
Образцы подсолнечного масла			
Образец №5 «СанниГолд»	0,15	2,6	0,0
Образец №6	0,4	1,0	1,6
Образцы специальных жиров для фритюрной жарки			
Образец №7 «Вегафрай 05»	0,21	1,2	0,0
Образец №8 «Жир Альпийский»	0,42	6,1	0,81

Однако половина из исследованных образцов отличается высоким начальным содержанием сополимеров (СНПЭ). Следует отметить, что жиры, содержащие в своем составе антиоксидант Е321 (бутилгидрокситолуол) (образец №5, образец №7), отличались хорошими показателями безопасности и, кроме того, полным отсутствием сополимеров (СНПЭ).

Таким образом, в результате проведения оценки безопасности жирового компонента индустриально производимой продукции быстрого питания обнаружена высокая степень его окисления. В связи с полученными данными, считаем целесообразным рекомендовать введение нового показателя – концентрация сополимеров, нерастворимых в петролейном эфире (массовая доля СНПЭ, %), - в нормативные документы на кулинарные и фритюрные жиры. Предприятиям - производителям продукции быстрого питания рекомендуется ввести показатель СНПЭ при входном контроле качества жиров в базовые показатели их безопасности, предусмотренные системой НАССР.

## 4.2 Обоснование критериев оптимизации жирнокислотного состава фритюрных жиров

Целью этого этапа работы являлась оптимизация жирнокислотного состава и определение наиболее эффективных смесей растительных масел для производства фритюрной продукции. Критериями оптимизации служили физиологическая эффективность и термическая стабильность смесей. В работе исследовали образцы масел и фритюрных жиров, а также внутренние органы экспериментальных животных (белых крыс).

Научной основой для разработки новых жировых продуктов являются рекомендации по жирнокислотному составу пищевых жиров для питания здорового организма (МР 2.3.1.2432-08, утвержденные Главным государственным врачом РФ). Однако, по нашему мнению, эти рекомендации не полны, так как в них не нормирована допустимая степень *транс*-изомеризации олеиновой кислоты. Жирнокислотный состав исследуемых масел представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Жирнокислотный состав растительных масел, используемых в РФ для производства фритюрных жиров

Наименование и обозначение жирной кислоты	Жирнокислотный состав фритюрных жиров, массовые доли, %			
	Масло подсолнечное	Масло подсолнечное высокоолеиновое	Масло пальмовое	Олеин пальмовый
Лауриновая C12:0	-	-	0,2	0,2
Миристиновая C14:0	0,1	-	1,0	1,1
Пальмитиновая C16:0	6,4	4,3	45,1	41,2
Пальмитолеиновая C16:1	-	0,2	0,1	-
Стеариновая C18:0	4,1	2,8	4,1	4,1
Олеиновая C18:1	22,8	82,0	39,0	41,7
Линолевая C18:2	65,5	9,4	9,8	10,9
Линоленовая C18:3	0,1	-	0,3	0,2
Эйкозеновая C20:1	0,1	0,3	-	0,1
Сумма насыщенных жирных кислот	10,6	7,1	50,4	46,6
Сумма полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК)	65,6	9,4	10,1	11,1

Исследованные растительные масла существенно различались по жирнокислотному составу. Пальмовое масло и пальмовый олеин содержат более 40% насыщенных кислот, что не соответствует рекомендациям для здорового питания. Обычное подсолнечное масло, которое является основным сырьем отечественной промышленности, содержит более 60% полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), что определяет его низкую термическую стабильность при жарке продуктов во фритюре. Известно, что именно уровень ПНЖК оказывает решающее влияние на термическую стабильность растительных масел. Для повышения термической стабильности растительные масла подвергают частичной селективной гидрогенизации, в результате которой основная часть ПНЖК превращается в смесь олеиновой кислоты и ее *транс*- и позиционных изомеров.

Поскольку нормы Роспотребнадзора по содержанию *транс*-изомеров жирных кислот до настоящего времени отстают от мирового уровня, единственная возможность оценить безопасность использования частично гидрогенизированных жиров (саломаса) заключается в выполнении трудоемких, длительных экспериментов на животных. Биологическая ценность и безопасность таких жиров была оценена нами в эксперименте на животных в сравнении с фритюрным жиром на основе пальмового масла, в условиях нормального обеспечения организма эссенциальными жирными кислотами (10...15%).

Жирнокислотный состав исследуемых фритюрных жиров приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Жирнокислотный состав исследованных фритюрных жиров

Наименование жирной кислоты	Длина цепи и число двойных связей	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот фритюрного жира	
		жир на основе саломаса	жир на основе пальмового масла
Лауриновая	12:0		0,2
Миристиновая	14:0	0,3	1,1
Пальмитиновая	16:0	18,7	44,0
Пальмитолеиновая	16:1	0,2	0,1
Стеариновая	18:0	16,5	4,5
Олеиновая в том числе <i>транс</i> - изомеры	18:1 18:1т	50,0 25,9	39,2 2,2
Линолевая	18:2	13,2	10,1
Линоленовая	18:3	-	0,4
Арахидиновая	20:0	-	0,4

Фритюрный жир на основе пальмового масла содержал около 2% *транс*-изомеризованных жирных кислот, образовавшихся в результате термического воздействия при высокотемпературной дезодорации сырья. Жир на основе саломаса содержал около 25% *транс*-изомеров, в основном, образовавшихся при гидрогенизации.

Для подтверждения теоретических выводов о степени негативного влияния *транс*-изомеров на организм животных провели исследование по определению безопасности жиров с различным содержанием *транс*-изомеров (таблица 4.6) на группе крыс. В эксперименте участвовали три группы крыс: контрольная группа крыс получала привычный полноценный рацион; опытные группы крыс получали привычный полноценный рацион, часть которого заменяли фритюрным жиром с разным содержанием *транс*-изомеров. Результаты гистологического исследования внутренних органов животных после кормления их экспериментальными рационами приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты гистологических исследований внутренних органов подопытных животных (белых крыс)

Внутренний орган	Результаты гистологического исследования после кормления опытными рационами		
	контрольный	фритюрный жир на основе саломаса	фритюрный жир на основе пальмового масла
Аорта	Норма	Патология: зернистая дистрофия, пролиферация и отечные явления	Незначительные пролиферативные процессы
Селезенка	Норма	Патология: увеличение селезенки	Норма
Печень	Норма	Патология. Изменения характерны для зернистой дистрофии гепатоцитов и периваскулярных отеков.	Норма

Клинический анализ крови крыс, потреблявших фритюрный жир на основе саломаса, выявил отклонения уровня гемоглобина, эритроцитов, незначительный лейкоцитоз и тромбоцитоз. Эти изменения сочетались с явлением эозинофилии. Показатели биохимического анализа ограничивались гипербилирубинемией и гиперхолестеринемией.

Таким образом, в эксперименте на животных установлено, что смеси, содержащие гидрогенизированные жиры, непригодны для использования в качестве фритюрных жиров. Для производства фритюрных жиров, соответствующих указанным требованиям, пригодны смеси негидрогенизированных жиров и масел, например, смеси пальмового масла и пальмового олеина с обычным подсолнечным маслом, смеси пальмового масла и пальмового олеина с высокоолеиновым подсолнечным маслом, а также само высокоолеиновое подсолнечное масло и его смеси с обычным подсолнечным маслом.

Для оптимизации жирно-кислотного состава проектируемых фритюрных жиров была рассчитана массовая доля насыщенных жирных кислот и ПНЖК в двухкомпонентных смесях указанных масел и жиров при содержании каждого вида масел и жиров от 0 до 100 %.

Ниже приведены уравнения для расчета массовых долей (М, %) насыщенных жирных кислот (Н, %) и ненасыщенных жирных кислот (ПНЖК, %) в смесях:

- подсолнечного масла с пальмовым маслом:

$$H = 10,6 + (50,4 - 10,6) M / 100 = 10,6 + 0,398 M \%$$

$$ПНЖК = 65,6 - (65,6 - 10,1) M / 100 = 65,6 - 0,555 M \%$$

- подсолнечного масла с пальмовым олеином:

$$H = 10,6 + (46,6 - 10,6) M / 100 = 10,6 + 0,36 M \%$$

$$ПНЖК = 65,6 - (65,6 - 11,1) M / 100 = 65,6 - 0,545 M \%$$

- высокоолеинового подсолнечного масла с пальмовым маслом:

$$H = 7,1 + (50,4 - 7,1) M / 100 = 7,1 + 0,433 M \%$$

$$ПНЖК = 9,4 + (10,1 - 9,4) M / 100 = 9,4 + 0,007 M \%$$

- высокоолеинового подсолнечного масла с пальмовым олеином:

$$H = 7,1 + (46,6 - 7,1) M / 100 = 7,1 + 0,395 M \%$$

$$ПНЖК = 9,4 + (11,1 - 9,4) M / 100 = 9,4 + 0,017 M \%$$

- высокоолеинового подсолнечного масла с обычным подсолнечным маслом:

$$H = 7,1 + (10,6 - 7,1) M/100 = 7,1 + 0,035 M \%$$

$$\text{ПНЖК} = 9,4 + (65,6 - 9,4) M/100 = 9,4 + 0,562 M \%$$

На основании проведенных исследований для производства фритюрных жиров рекомендуются смеси натуральных жиров и масел, содержащие не более 2 % *транс*-изомеров жирных кислот, не более 35% насыщенных жирных кислот и 20 - 25% линолевой кислоты, отвечающие рекомендациям Роспотребнадзора для здорового питания. В частности, для этой цели пригодны смеси подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла с пальмовым маслом и пальмовым олеином, соответствующие по жирнокислотному составу указанным выше требованиям. При более высоком содержании линолевой кислоты рекомендуется дополнительная стабилизация фритюрного жира природными антиоксидантными комплексами.

Исходя из полученных результатов, в качестве объектов дальнейших исследований для изучения безопасности и термической стабильности фритюрных жиров целесообразно использовать пальмовое масло, подсолнечное масло, высокоолеиновое подсолнечное масло и их смеси.

## **Глава 5. Исследование процессов, происходящих при высоких температурах эксплуатации фритюрных жиров**

Химизм процессов радикально-цепного окисления жиров при умеренных температурах достаточно хорошо изучен. В меньшей степени выявлены особенности окислительных превращений ненасыщенных жиров в процессах жарки во фритюре при высоких температурах (150-180 °С), вследствие термического распада гидропероксидов, изменения химизма и кинетики цепного процесса окисления ненасыщенных жиров. Существенное влияние на интенсивность процесса окисления оказывают такие факторы, как содержание во фритюрном жире ПНЖК, наличие природных и синтетических антиоксидантов, условия эксплуатации жира (показатели безопасности исходного жира, температура эксплуатации, холостой нагрев или жарка продукта, химический состав обжариваемого продукта, его форма нарезки и размеры, структурно-механические свойства и т.д.).

Исследования по настоящему разделу проводили с целью сравнительного анализа интенсивности термоокисления фритюрного жира при использовании жиров различного жирнокислотного состава и обнаружения возможных новых корреляций между концентрацией СНПЭ и концентрацией других продуктов термоокисления фритюрного жира.

Сравнительный анализ интенсивности термоокисления проводили при исследовании жиров различного жирнокислотного состава (таблица 5.1).

В модельных экспериментах (без продукта) с использованием фритюрного жира «Sunny Gold», стабилизированного комплексом антиокислителей, без продукта, показано, что при относительно низких

температурах (50-60°C) довольно быстро увеличивается концентрация гидропероксидов, содержание эпоксидов возрастает медленно.

Таблица 5.1 - Сравнительный анализ жирнокислотного состава исследуемых жиров

Массовая доля жирных кислот, % к сумме жирных кислот			
Пальмовое масло	Жир специальный «Альпийский»	Жир специальный «Вегафрай 05»	Жир специальный «СанниГолд»
Насыщенные			
50,9	48,7	22,5	11,5
Мононенасыщенные			
41,6	38,9	29,7	22,9
Полиненасыщенные			
7,5	12,4	47,7	65,6

Наоборот, при температуре 180°C интенсивно увеличивается концентрация эпоксидов, концентрация гидропероксидов остается на низком уровне вследствие их термического распада. При температурах жарки 140-160 °C оба показателя увеличиваются в определенных пределах. Это изменение химизма окислительного процесса при температуре выше 150 °C нужно учитывать при выборе показателей, характеризующих процесс термоокислительной деструкции, и разработке экспресс-методов для оценки допустимой степени окисления фритюрного жира.

В последующих исследованиях проведена оценка интенсивности термоокислительной деструкции жиров, прежде всего, по изменениям П.ч., К.ч. и концентрации СНПЭ.

Кинетика накопления продуктов окисления фритюрного жира «Sunny Gold» в технологическом процессе производства картофеля «фри» приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Кинетика изменения показателей жира «Sunny Gold»

Продолжительность технологического процесса, ч	Показатели гидролиза и окисления жира			
	П. ч., мэкв / кг	К. ч., мг КОН / г	Эпоксиды, ммоль / кг	Массовая доля СНПЭ, %
0	2,88	0,11	4,9	0
4	1,13	0,18	5,4	0,33
8	1,17	0,27	11,5	0,47
12	0,63	0,35	13,3	0,64
16	1,82	0,44	14,6	0,69
20	2,24	0,29	21,7	0,75
24	1,1	0,3	26,4	0,79
28	2,0	0,43	27,0	0,87
30	2,0	0,49	28,8	1,11

Из данных таблицы 5.2 видно, что содержание пероксидов остается на низком уровне, колеблется в небольших пределах, что соответствует результатам, полученным при модельном окислении. Содержание СЖК

увеличивается сравнительно медленно и к концу исследования не превышает 0,5 мг КОН / г. Концентрация СНПЭ увеличивается постепенно и через 2,5 суток (28-30 часов) термического окисления приближается к предельно допустимому уровню - не более 1 % от массы жира.

При исследовании изменений нового показателя - содержания эпоксидов – установлено, что изменение концентрации эпоксидов, начиная с 6 часов термического окисления, обнаруживает хорошую корреляцию с накоплением СНПЭ (таблица 5.2).

Аналогичные данные получены при эксплуатации фритюрного жира «Вегафрай 05», стабилизированного комплексом антиоксидантов.

В отличие от жиров «SunnyGold» и «Вегафрай 05», образец жира «Альпийский» (таблица 5.3), который еще до начала технологического процесса содержал 0,81 % СНПЭ, проработал всего 12 часов при жарке различных продуктов, после чего был снят с производства.

Содержание сополимеров (СНПЭ) в этом жире увеличилось в несколько раз, при этом К.ч. не превысило 2 мг КОН / г, но было зафиксировано значительное увеличение содержания пероксидов.

Полученные данные позволяют сделать вывод о значительном влиянии показателей безопасности исходного фритюрного жира, его жирно-кислотного состава, вида обжариваемых продуктов на степень окислительной деструкции жира.

Таблица 5.3 - Изменения показателей безопасности жира «Альпийский»

Продолжительность, ч./ вид продукта	Показатели гидролиза и окисления жира		
	П. ч., мэкв / кг	К. ч., мг КОН / г	Массовая доля СНПЭ, %
Исходное	3,4	0,36	0,81
12 ч. / картофель	32,9	1,7	1,92
12 ч. / чак-чак	13,2	1,05	1,67
12 ч. / крылышки куриные	17,1	0,77	1,25

Аналогичные результаты получены при исследовании термоокисления и термополимеризации пальмового масла при нагреве без продукта (таблица 5.4) и в условиях производства при жарке различных продуктов.

Таблица 5.4 – Кинетика изменения показателей пальмового масла при нагреве без продукта

Продолжительность нагрева, час	Массовая доля СНПЭ, %	К.ч., мг КОН / г	П.ч., мэкв / кг
0 (исходное)	0,037	0,13	1,54
6 часов	5,18	0,2	5,14
12 часов	-	0,23	4,50
18 часов	5,90	0,40	14,0
24 часа	-	0,60	18,15
30 часов	12,35	1,12	23,10

При нагреве без продукта окислительная деструкция фритюрного жира происходит намного интенсивнее. По этой причине предприятиям рекомендуется максимально сократить время хранения фритюрного жира в разогретом состоянии в промежутках между изготовлением продукции либо сохранять его при пониженной температуре (не более 150 °С). При исследовании кинетики изменений некоторых показателей качества и безопасности при жарке во фритюре различных продуктов – картофеля, замороженных мясных полуфабрикатов, куриных крылышек, мучного кулинарного изделия «Чак-чак» - были получены следующие результаты.

Как показывают данные исследований, К.ч. увеличивалось быстрее по сравнению с холостым нагревом, что объясняется более интенсивным гидролизом и окислением масла в этих условиях. П.ч. (рис.5.1, 5.2) возросло медленнее, чем при холостом нагреве, что объясняется антиокислительным действием некоторых веществ, содержащихся в продуктах.

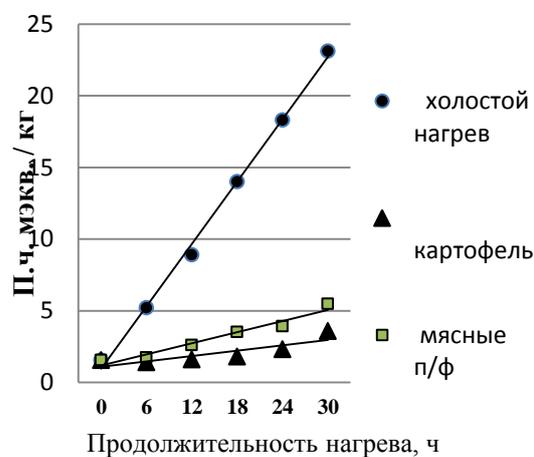


Рис.5.1- Изменение К.ч. пальмового масла при холостом нагреве и жарке продуктов

Рис.5.2–Изменения П.ч. пальмового масла при холостом нагреве и жарке продуктов

Содержание сополимеров (СНПЭ) изменяется медленнее по сравнению с холостым нагревом (таблица 5.5) без продукта и при использовании пальмового масла более 6 часов достигает регламентируемой нормы 1 %, а накопление свободных жирных кислот при этом еще не превышает 2 мг КОН / г.

Таблица 5.5– Кинетика накопления СНПЭ в пальмовом масле, %

Продолжительность нагрева, т, ч	Массовая доля СНПЭ, %		
	после холостого нагрева	после жарки картофеля	после жарки мясных п/ф
0 (исходное)	0,17	0,17	0,17
6 часов	5,18	0,88	1,02
18 часов	5,90	1,8	2,08
30 часов	12,35	2,8	3,5

Изменения органолептических показателей качества жира были интенсивнее после жарки мясных п/ф, куриных крылышек и мучного кулинарного изделия «Чак-чак». Следует отметить, что фритюр после жарки

картофеля отличался хорошими органолептическими показателями даже после 30 часов нагрева.

Для более глубокого изучения проводили исследование накопления первичных продуктов окисления в экстрагированных из продукта жирах после 20 часов непрерывного нагрева (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Содержание пероксидов в жировом компоненте обжариваемых продуктов

Наименование пробы	Перекисное число, мэкв активного кислорода / кг		
	Исходный жир	Жир после нагрева с продуктами	Экстрагированный жировой компонент
Картофель фри	2,06±0,02	42,2±0,1	39,9±0,1
Чак-чак		8,8±0,02	8,38±0,02

Перекисное число экстрагированного жира приближено к перекисному числу в жире после жарки. Окислительные изменения в картофеле фри и жире после его обжаривания значительно интенсивнее, чем в мучном изделии и жире, экстрагированном из него.

Объясняется это имеющимися в составе обжариваемого продукта природными антиоксидантами.

Для контроля безопасности фритюрных жиров следует применять методы, которые количественно характеризуют накопление токсичных веществ. Для некоторых случаев критерием является П.ч., для других СНПЭ. К.ч. изменяется, но в небольших пределах и непригодно для оценки степени окисления фритюрного жира.

Таким образом, определение СНПЭ отражает реальную картину накопления токсичных продуктов окисления во фритюрном жире.

Кроме того, можно применять методы, четко коррелирующие с накоплением токсичных веществ, например, концентрация эпоксидов может использоваться как оперативный метод контроля безопасности фритюрных жиров, коррелирующий с СНПЭ.

Процесс жарки продуктов во фритюре, где масло является эффективным средством теплопередачи, сопровождается интенсивной дегидратацией продукта, при этом часть фритюрного жира поглощается обжариваемым продуктом. Помимо параметров, установленных технологией фритюрной жарки, дегидратация и поглощение жира зависят также от показателей самого продукта (его химического состава, формы нарезки и др.) и используемого фритюрного жира (показателей безопасности, жирнокислотного состава и др.).

Данные химического состава исследуемых продуктов представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Химический состав обжариваемых продуктов до жарки

Наименование	Содержание основных веществ, %			
	белки	углеводы	жиры	вода
Картофель фри	3,81	17,3	0,5	78,39
Чак-чак	13,3	69,6	2,1	15

Картофель отличается значительным содержанием влаги, в полуфабрикате мучного изделия чак-чак влаги в 5 раз меньше, но больше белков и углеводов.

На рисунке 5.3 представлены результаты исследования маслопоглощения обжариваемых продуктов: картофеля фри, приготовленного из полуфабриката по традиционной технологии мучного кулинарного изделия «Чак-чак» в процессе жарки в пальмовом масле. Эксперимент показал, что с увеличением продолжительности жарки наблюдается рост показателя маслопоглощения, что доказывает возможную связь между величиной маслопоглощения и степенью окисления фритюрного жира. Если жир свежий, то граница сред продукт/жир четкая, поверхностно-активные вещества (ПАВ) содержатся в небольшом количестве, вследствие чего маслопоглощение проходит неактивно, корочка на продукте образуется тонкая, бледная.

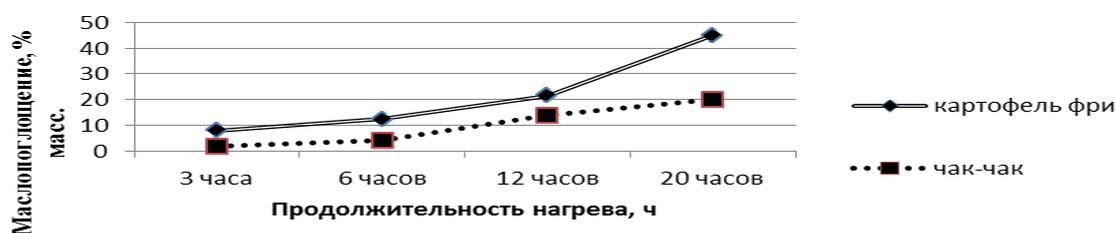


Рисунок 5.3. - Динамика маслопоглощения (% масс.) обжариваемыми продуктами в процессе жарки в пальмовом масле

В процессе жарки жир накапливает полярные соединения, уровень ПАВ растет, маслопоглощение протекает более интенсивно, на продукте образуется более яркая, толстая корочка. Как видно из рисунка 5.3, картофель в большей степени впитывает в себя фритюрный жир, чем «Чак-чак».

Результаты исследований количества испаряющейся влаги в зависимости от продолжительности нагрева жира представлены на рисунке 5.4.

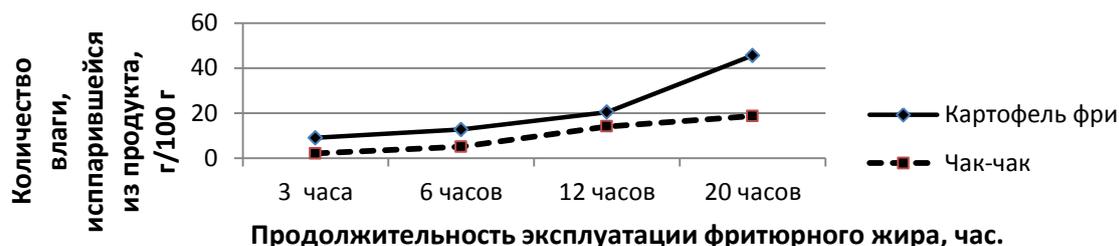


Рисунок 5.4 – Количество испаряющейся влаги в зависимости от продолжительности нагрева жира

Количество влаги, испарившейся из продукта в процессе жарки, эквивалентно количеству впитавшегося в продукт жира (рисунки 5.3 и 5.4). Под действием высоких температур пары воды испаряются через поверхность продукта под давлением, в результате чего на поверхности продукта образуются микропоры. Эти пустоты активно заполняет жир в процессе жарки.

Механизм впитывания жира в продукт сложен и зависит от природы и структуры обжариваемого продукта, а также технологии предварительной обработки продукта. До настоящего времени нормативы показателей

безопасности поглощенного жира для продукции, жареной во фритюре, не установлены.

Таким образом, представлена оценка интенсивности изменений показателей безопасности фритюрных жиров при высокотемпературном нагреве при различных условиях технологического процесса. Установлено, что выбранные нами показатели безопасности (П.ч., К.ч. и массовая доля СНПЭ) отражают реальную картину окислительной и гидролитической деструкции жира.

Результаты проведенных исследований показали, что фритюрный жир, в который дополнительно не добавлены антиоксиданты, в реальном технологическом процессе может использоваться не более 8-10 часов, жир, стабилизированный комплексом антиоксидантов как, например, «Sunny Gold» и «Вегафрай 05» - до 30 часов.

Установлено, что интенсивность впитывания жира продуктом зависит от степени окисления жира и химического состава продукта. Количество испаряющейся влаги эквивалентно количеству жира, впитывающегося в продукт в ходе жарки.

#### **ГЛАВА 6. Исследования на животных (белых крысах), уточняющие уровень токсического влияния продуктов окисления на организм**

Исследование уровня токсического воздействия продуктов окисления на организм обусловлено отсутствием экспериментальных данных о безопасности и степени влияния именно продукции с окисленной жировой фазой, содержащей разные концентрации СНПЭ.

Исходя из задач настоящей работы, экспериментальные исследования проводились по следующим этапам:

- оценка безопасности индустриально производимой продукции быстрого питания длительного хранения, с большой долей жирового компонента, содержащей разные концентрации СНПЭ, как жареной во фритюре, так и полученной с использованием других технологий;
- сравнение экспериментальных данных по интенсивности патологических изменений в организме в зависимости от концентрации СНПЭ в пальмовом масле, широко использующимся в качестве фритюра в пищевых технологиях;
- проведение сравнительного анализа и сопоставление уровня токсического воздействия, который оказывают на организм фритюрные жиры и продукты, обжаренные в них, для обоснования оценки адекватности контроля фритюрных жиров в технологическом процессе.

Исследования проводились на базе сертифицированного вивария Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова в соответствии с «Правилами проведения работ на экспериментальных животных». Все экспериментальные исследования выполнялись на группах клинически здоровых крыс, сформированных по методу аналогов. Кормление животных проводилось в течение 40 дней, во время всех экспериментов крысы содержались в индивидуальных клетках (по 10 особей в каждой). Контрольные группы крыс получали привычный рацион питания, который по пищевой и энергетической ценности соответствовал

физиологическим нормам и потребностям организма животных. Часть рациона опытных групп, без физиологического ущерба, заменялась продукцией быстрого питания или жирами с разным содержанием токсичных продуктов окисления – СНПЭ.

В серии экспериментов, оценивающих безопасность индустриально производимой продукции быстрого питания длительного хранения, в ходе визуального наблюдения за животными отмечено ухудшение внешнего вида волосяного покрова, агрессивность в поведении животных к середине эксперимента, которая сменилась пассивностью и апатичностью к концу кормления. Проведенные патологоанатомические и гистологические исследования показали, что во всех опытных группах крыс отмечались определенные патологические процессы на тканевом уровне, при этом наибольшие изменения имели место у животных с повышенным содержанием в рационе СНПЭ – 3,65% и 2,55%, часть дневного рациона которых была заменена чипсами и сдобным печеньем (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Результаты гематологических исследований

Показатели	Контроль-ная группа	Опытная группа №1 сухарики	Опытная группа №2 чак-чак	Опытная группа №3 чипсы	Опытная группа №4 печенье
1	2	3	4	5	6
<b>Содержание СНПЭ, %</b>	<b>0</b>	<b>1,32</b>	<b>1,6</b>	<b>2,55</b>	<b>3,65</b>
Гемоглобин, г/л	145	82,0	71,0	83	49
Эритроциты, $10^{12}/л$	7,6	4,4	3,98	4,61	2,8
Лейкоциты, $10^9/л$	14,6	3,4	6,6	3,8	3,3
Тромбоциты, $10^9/л$	610,5	142	135,0	192	177
СОЭ, мм/час	1	6	9	12	6
Эозинофилы, %	3	12	13	12	10
Билирубин общий, мкмоль/л	5,1	14,5	7,8	17,5	16,5
Холестерин, моль/л	2,5	8,6	7,0	9,3	8,6
Белок общий, г/л	66,0	45,0	52,5	36,2	41,7
Состояние органов пищеварения	-	Зернистая очаговая дистрофия печени	Гиперемия печени	Диффузная зернистая и очаговая дистрофии печени	Очаговая зернистая дистрофия и гиперемия печени

Гематологические исследования, приведенные в таблице 6.1, свидетельствуют об изменении морфологического состава крови. Резкое снижение уровня лейкоцитов и эритроцитов во всех опытных группах крыс указывает на то, что продукты окисления жиров являются лейкотоксинами. Биохимическое исследование крови (таблица 6.1) проявилось значительными изменениями уровня билирубина – повышение его в 2 и более раз, холестерина – повышение более чем на 70-80% и значительным снижением уровня белка – на 30-40%. Таким образом, все изменения в группах крыс, потреблявших

продукты быстрого питания промышленного производства с окисленной жировой фазой, явились проявлением угнетения кроветворной деятельности, иммунодефицитного состояния и воспалительного процесса в острой форме. Изменения тем интенсивнее, чем больше в рационе концентрация сополимеров, нерастворимых в петролейном эфире (СНПЭ).

Аналогичная серия исследований, оценивающих интенсивность патогенеза в зависимости от концентрации СНПЭ в пальмовом масле, показала, что с увеличением концентрации сополимеров усиливаются патологические изменения в пищеварительной системе, которые начинаются уже при содержании СНПЭ 0,88% и усиливаются с увеличением их концентрации (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Результаты гистологического исследования

Органы пищеварения	Контрольная группа	Группа №1	Группа №2	Группа №3
	Содержание СНПЭ, %			
	0,17	0,88	1,8	2,98
Печень	Структура органа в пределах физиологической нормы	Патология	Патология	Патология
Желудок	Структура органа в пределах физиологической нормы	Патология	Патология	Патология
Тонкий отдел кишечника	Структура органа в пределах физиологической нормы	Патология	Патология	Патология
Толстый кишечник	Частичная патология: отек подслизистого слоя, увеличение бокаловидных клеток	Патология	Патология	Патология

В дальнейшей работе проводили сравнительный анализ уровня токсического влияния, который оказывается на организм при потреблении фритюрных жиров и продукции быстрого питания, обжаренной в них, и содержащей различные концентрации СНПЭ. Соблюдали одинаковую концентрацию жира в рационе при потреблении фритюрного жира и готового продукта (таблица 6.3).

Таблица 6.3 - Результаты гематологического и патологоанатомического исследования тканей и органов опытных животных

Показатели	Контроль-ная группа	Чак-чак (опытная группа 1)	Жир после жарки чак-чака (опытная группа 2)	Картофель (опытная группа 3)	Жир после жарки картофеля (опытная группа 4)
Содержание СНПЭ, %			1,67		1,92
Гемоглобин, г/л	145,0	71,0	71	67,0	56
Эритроциты, $10^{12}$ /л	7,6	3,98	3,98	4,87	2,82
Лейкоциты, $10^9$ /л	14,6	6,6	6,6	3,6	3,7
Эозинофилы, %	3,0	13,0	13,0	13,0	10,0
Билирубин общий, мкмоль/л	7,1	7,8	19,5	1,34	13,2
Холестерин, моль/л	4,5	7,0	9,6	7,9	7,5
Креатинин, моль/л	95,0	68,3	93,0	65,0	67,3
Состояние органов пищеварения	-	Гиперемия печени	Гиперемия печени	Очаговая дистрофия печени	Очаговая дистрофия печени

В опытных группах крыс у животных отмечались частые перемены настроения, сменившиеся пассивностью и отказом от пищи к концу кормления. Изменения в опытных группах крыс, потреблявших продукты и жиры, характеризовались отклонением от физиологической нормы уровня гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в сторону снижения и наличием эозинофилии. Изменения при биохимическом анализе характеризовались высоким уровнем холестерина, низким уровнем белка.

Гистологическая экспертиза показала, что продукты, которые исследовались в эксперименте, обладают токсическим эффектом, проявляющимся даже на фоне сбалансированного питания. Он проявляется в виде развития таких патологий, как зернистая дистрофия печени, гиперемия печени, а так же процессы десквамации в кишечной стенке и отек подслизистого слоя кишечника.

Следует заметить идентичное токсическое воздействие на организм, который оказывают жиры и продукты, обжаренные в них. На наш взгляд, наиболее значимым является резкое снижение содержания лейкоцитов и эритроцитов, что свидетельствует о наличии во фритюрном жире и продукции быстрого питания соединений, являющихся лейкотоксинами.

Экспериментально установлено, что все изменения в группах крыс, потреблявших индустриально произведенные продукты быстрого питания с окисленной жировой фазой, и жиры, используемые для их жарки, явились проявлением угнетения кроветворной деятельности, иммунодефицитного состояния и воспалительного процесса в острой форме. Попадая в организм человека, продукты окисления жиров вызывают серьезные изменения биохимического состава и форменных элементов крови, приводят к нарушениям в работе антиоксидантных систем защиты организма.

Впервые установлена идентичность патологических процессов в организме и изменении формулы крови при включении в рацион животных продукции быстрого питания и термоокисленных фритюрных жиров, использовавшихся для ее производства.

Впервые оценена величина токсического влияния и патологий на тканевом и клеточном уровне при употреблении различных видов продукции быстрого питания. Проведенными экспериментами на животных доказана тесная взаимосвязь между содержанием СНПЭ и воздействием их на организм и необходимость регламентации и нормирования этого показателя в готовой продукции на этапах ее обращения и реализации для обеспечения безопасности продукции быстрого питания. Данные эксперименты позволяют сделать научно обоснованное заключение о том, что действующая в настоящее время норма содержания СНПЭ – 1 % - вполне адекватна, но в дальнейшем следует ужесточить требования к уровню сополимеров в продукции быстрого питания.

## **Глава 7. Научное обоснование и практические принципы обеспечения безопасности кулинарных жиров и продукции быстрого питания на их основе**

### **7.1 Повышение безопасности фритюрных жиров с использованием наносорбента**

Научные исследования по разработке и оптимизации технологии очистки жиров, представленные в автореферате, проводились автором, начиная с 1998 года и по 2015 год включительно.

С учетом необходимости импортозамещения целесообразным является выбор отечественной сырьевой базы для создания эффективного отечественного адсорбента и организация его производства, а также разработка технологии очистки фритюрных жиров от токсичных продуктов термоокисления и сополимеризации жиров и аппаратурного оформления этого процесса.

В проведенных нами исследованиях применяли термомодифицированные формы природных полярных адсорбентов – карбонатных и силикатных микропористых пород – опоку, доломит, силикат магния.

Целью работы был выбор из перечисленных природных материалов наиболее эффективных адсорбентов или их композиций, обеспечивающих максимальную очистку от токсичных продуктов окисления (СНПЭ). Для этого использовали адсорбенты в разных сочетаниях и исследовали образцы при идентичных условиях.

Экспериментальным путем установлены следующие параметры технологического процесса очистки термоокисленного пальмового масла:

- температура очистки  $50 \pm 5$  °С;
- длительность контакта масла с адсорбентом 15-20 минут;
- дозировка адсорбента – 5-10 % от массы очищаемого пальмового масла.

Технической задачей работы являлась максимальная эффективность сорбента, оцениваемая по количеству токсичных вторичных продуктов окисления, удаленных из очищаемого жира, скорость проведения процесса очистки, хорошие органолептические показатели очищенного жира: отсутствие неприятного запаха, вкуса, послевкусия, возможность использования очищенного жира в технологическом процессе сразу после очистки без дополнительных операций. Исходя из задач, эффективность действия адсорбентов или их композиций определяли по изменению содержания СНПЭ и изменению органолептических показателей термически окисленного пальмового масла до и после контакта с адсорбентом.

Разработанные нами способы очистки жиров с использованием этих адсорбентов и их комплексов защищены патентами РФ № 2218386, №2473674, № 2528030 и позволяют очистить масло от токсичных продуктов окисления более чем на 50%. Все способы достаточно эффективны, могут найти применение, как на малых, так и на больших предприятиях. Способ по патенту № 2218386 предполагает использование смеси опоки и активированного угля. В патенте РФ №2473674 был предложен принципиально новый способ

интенсификации очистки жиров с использованием ультразвука на установке для адсорбционно-ультразвуковой очистки масла, которая состоит из адсорбирующей колонки, наполненной адсорбентом – опоко-доломитным порошком, снабженной заливной горловиной, краном для вывода жира и сеткой – вкладышем для улавливания крупных фракций механических загрязнений, не выпавших в осадок после отстаивания. Адсорбционная колонка снабжена водяной рубашкой, имеющей окна, соответствующие количеству, размерам, конфигурации и расположению устройств возбуждения ультразвуковых колебаний, выполненных в виде пьезокерамических преобразователей, соединенных с генератором, обеспечивающим частоту 15...35 кГц и имеющим мощность порядка 0,1 кВт на один излучатель ультразвука. Кроме того, водяная рубашка снабжена терморегулятором, краном для ввода и вывода воды и водомером.

В другом способе (патент № 2528030) нами был использован комплекс природных адсорбентов в следующем соотношении: опока - 2% от массы жира; доломит - 2% от массы жира; силикат магния - 1% от массы жира с использованием интенсификации массообмена ультразвуком или без него. Однако существенным недостатком этих способов является сложность отделения адсорбента от очищаемого жира, что усложняет проведение адсорбции в условиях действующего производства.

В основу разработанного нами нового способа очистки положены имеющиеся патенты, указанные выше, и принципиально новые технологии производства наноматериалов. Разработанный новый комплексный термомодифицированный гранулированный наносорбент (КТГН-4, далее наносорбент) представляет собой гранулированный материал, изготовленный на основе природного минерального сырья: монтмориллонита ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ), опоки, доломита ( $Ca \cdot Mg(CO_3)_2$ ) и силиката магния ( $3MgO \cdot H_2O \cdot 4SiO_2$ ), обладающего всеми свойствами природных наноразмерных частиц со слоистой расширяющейся ячейкой. Наносорбент производится по ТУ 2164-002-37799972-2015 и предназначен для очистки фритюрных и хранившихся жиров от токсичных продуктов окисления. В процессе адсорбции полярных веществ параметр кристаллической ячейки наносорбента в зависимости от рода обменных катионов, электронной структуры молекул адсорбата увеличивается на 3-10 Å°, и в межпакетное пространство внедряются один или несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества. Показатели элементного состава масс (%) наносорбента КТГН-4 приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Элементный состав наносорбента

Образец	Элементный состав, масс %										
	Ca	Si	Fe	Al	K	Ti	Mn	S	Zr	Cu	Zn
КТГН - 4	47,69	31,77	13,25	2,69	2,27	1,36	0,26	0,20	0,17	0,07	0,06

По внешнему виду и техническим характеристикам комплексный гранулированный наносорбент КТГН-4 должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 7.2.

Таблица 7.2– Технические характеристики КТГН-4

Показатели	Ед. измерения	Характеристики	Методы испытаний
1 Внешний вид.		Серые гранулы неправильной формы	
2 Размер частиц	мм.	0,25-0,5	ГОСТ 16187
3 Влажность	%	3	ГОСТ 12597
4 Остаток на сите: сито 60	%	17	ГОСТ 16187
5 Прочность при истирании	%	0,2± 0,2	ГОСТ 16188
6 Насыпная плотность	г/дм <sup>3</sup>	1,2	ГОСТ 16190

Показатели удельной поверхности, общего объема пор, распределения пор наносорбента КТГН-4 по диаметрам приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Основные показатели наносорбента КТГН-4

Образец	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Общий объем пор, см <sup>3</sup> /г	Распределение пор по диаметрам, %			
			1.5-2.0, нм	2.0-5.5, нм	5-11, нм	Более 11 нм
КТГН-4	510	0,27	2,8	32,39	26,79	38,47

Основной задачей данного способа служило упрощение технологии очистки и отделения адсорбента от жира, увеличение количества удаляемых токсичных продуктов (СНПЭ), значительное улучшение органолептических характеристик, снижение количества адсорбента, возможность внедрения в производство.

Поставленная задача решается в способе очистки жиров и масел с использованием наносорбента КТГН-4. Технологическая схема процесса очистки масла предусматривает, что окисленный жир, в зависимости от стадии технологического процесса, подогревают или охлаждают до 70°С, вносят наносорбент, представляющий композицию монтмориллонита, силиката магния, опоки и доломита, полученную путем специальной обработки природного материала с известной структурой, в количестве 5 % наносорбента от массы жира, перемешивают в течение 15 минут при температуре 50-70°С, затем фильтруют.

После очистки исследовали содержание СНПЭ в очищенном жире. Анализ результатов показал, что содержание СНПЭ уменьшается более чем на 70%, что значительно превосходит степень очистки, достигаемую при использовании импортных синтетических адсорбентов на основе силиката магния Magnesol XL и Dalsorb.

Эффективность предложенной технологии оценивалась как с точки зрения безопасности, так и возможности использования в реальном технологическом процессе.

С целью исследования эффективности разработанной технологии проводили оценку качества продуктов, обжариваемых в очищенном жире, используя показатели безопасности и органолептические показатели. В условиях реального технологического процесса подвергали жарке при 150°C мучное изделие «Чак-чак». Пальмовое масло использовали в течение 10 часов, в течение всего времени нагрева отбирали пробы для исследования показателей безопасности и сенсорных свойств продукта.

Кинетика накопления пероксидов в процессе эксплуатации очищенного и исходного жира представлена на рисунке 7.1.

При использовании в качестве фритюрного жира пальмового масла, прошедшего очистку наносорбентом, кинетика изменений перекисного числа в очищенном и свежем жире идентичны, что характеризует его достаточную термическую стабильность.

Через 10 часов непрерывного нагрева пальмового масла его перекисное число приближается к пороговому значению 10 мэкв активного кислорода / кг.

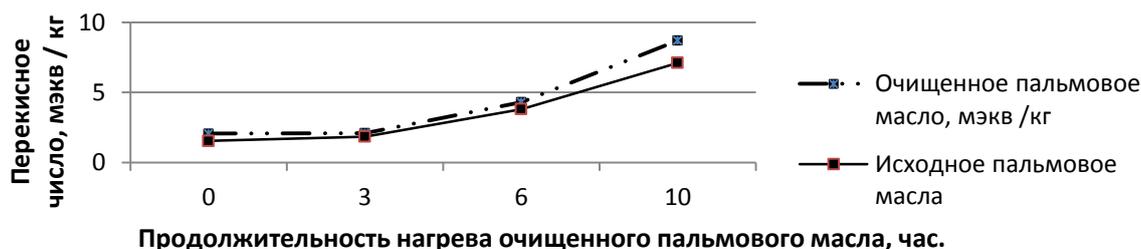


Рисунок 7.1 - Накопление пероксидов в очищенном пальмовом масле, используемом в течение 10 часов в реальном производственном процессе

Перекисное число экстрагированного из продукта пальмового масла близко к перекисному числу масла, в котором жарили продукт, и составляет 8,5 мэкв активного кислорода / кг.

На рисунке 7.2 представлен график изменения содержания токсичных продуктов окисления СНПЭ в пальмовом масле без использования технологии очистки и с ее использованием.

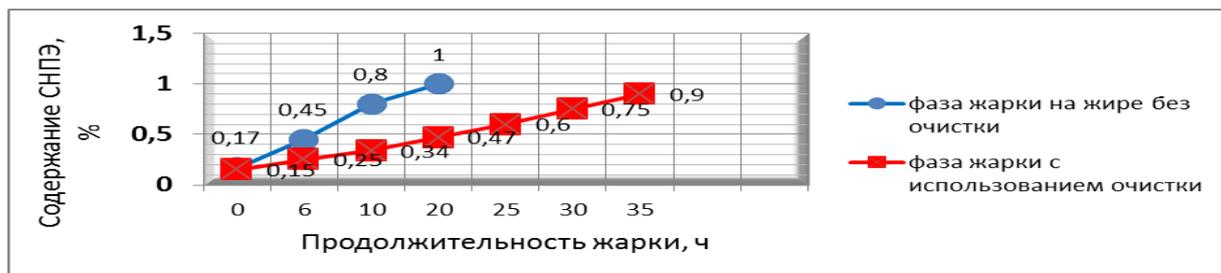


Рисунок 7.2 - Изменения содержания СНПЭ, %, в пальмовом масле без использования очистки и с использованием очистки наносорбентом КТГН-4

Исследование термической стабильности показало (рисунок 7.2), что

динамика накопления продуктов окисления в очищенном и исходном масле аналогичны, что позволяет за счет очистки продлить срок эксплуатации масла в технологическом процессе фритюрной жарки на 75 %.

Для подтверждения безопасности очищенного жира исследовали его влияние на организм животных при длительном потреблении на фоне сбалансированного рациона питания. Проведенные исследования не выявили изменений в органах и тканях крыс, что свидетельствует о явном снижении токсичности жира в результате сорбционной очистки.

В результате выполненной работы разработан способ очистки термоокисленного фритюрного жира с использованием гранулированного наносорбента КГТН-4, преимущества которого заключаются в значительном снижении концентрации СНПЭ в очищаемом фритюрном жире – на 70 %; удобстве его применения непосредственно в технологическом процессе; возможности интенсификации процесса очистки с использованием ультразвука; легкости отделения адсорбента от жира; использовании отечественного сырья для производства сорбента; исключения токсического воздействия очищенного жира на организм.

#### **7.2 7.2      Разработка принципов антиоксидантной стабилизации жирового компонента продукции быстрого питания с учетом критериев безопасности**

Из-за воздействия большого количества факторов, инициирующих окисление жиров, а также цепного механизма процессов, не существует универсального способа предотвращения окислительной порчи продуктов с большой долей жирового компонента. Кроме того, технологический процесс при производстве различных видов продукции быстрого питания имеет серьезные различия. По этой причине необходимо оценивать основные факторы окисления липидов и подбирать соответствующие способы их ингибирования для конкретной пищевой системы. Ключевой способ повышения окислительной стабильности – введение антиоксидантов. Подход к антиоксидантной защите каждой пищевой системы должен быть индивидуальным.

Цель раздела: исследовать различные пути введения природных антиоксидантов для стабилизации жирового компонента продукции быстрого питания в зависимости от ее вида и оценить эффективность предложенных решений.

На рисунке 7.3 приведены исследования двух образцов жира, различающихся по степени ненасыщенности и антиоксидантной защиты.

Комплекс ингибиторов позволил существенно удлинить допустимые сроки использования фритюрного жира «Санни Голд», даже при высоком содержании в нем линолевой кислоты. При этом значительно снизилась скорость накопления СНПЭ до разрешенного уровня 1 %.

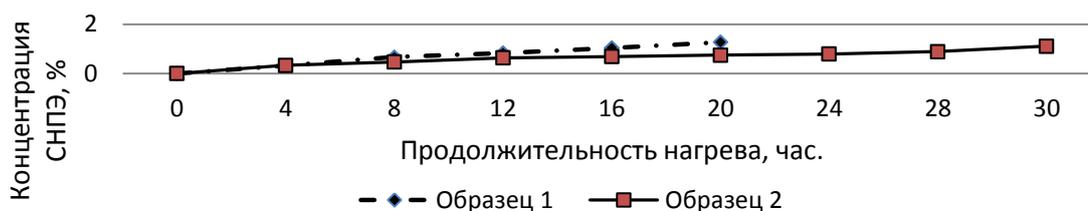


Рисунок 7.3 - Кинетика накопления СНПЭ во фритюрных жирах:

Образец 1 – жир без антиоксидантов с невысоким содержанием линолевой кислоты – 12 %; образец 2 – жир «Санни Голд» с комплексом антиоксидантов и пеногасителей с высоким содержанием линолевой кислоты 65,5 %.

При разработке технологии антиоксидантной стабилизации жирового компонента продукции быстрого питания подбор дозировок антиоксидантов осуществлялся с использованием комплексного показателя качества пищевой продукции по методике, предложенной А.М. Бражниковым, включавшей критерии пищевой ценности и органолептические показатели. Подобранные дозировки  $\text{CO}_2$ -экстрактов пряных трав (розмарина, укропа, душистого перца) составили: для чипсов – 0,1%, для сухариков – 0,026%, для рыбных полуфабрикатов высокой степени готовности – 0,05%, облепихи - для кекса песочного с творогом – 1,5%.

Для антиоксидантной стабилизации жировой фазы чипсов из натурального картофеля и сухариков из ржано-пшеничного и пшеничного хлеба использовали  $\text{CO}_2$ -экстракты пряных трав, так как они обладают антиоксидантным действием даже в очень низкой концентрации. В соответствии с технологическим процессом была разработана схема внесения  $\text{CO}_2$ -экстрактов пряных трав в готовое изделие. В герметичном бачке растительное масло смешивается с  $\text{CO}_2$ -экстрактами пряных трав (для сухариков) или смешиваются  $\text{CO}_2$ -экстракты (для чипсов). Из бачка с помощью насоса-дозатора смесь  $\text{CO}_2$ -экстрактов или  $\text{CO}_2$ -экстрактов с растительным маслом по трубопроводу через форсунку поступают в барабан-ворошитель, в который непрерывным потоком поступает сыпучий продукт (чипсы, сухарики). В барабане-ворошителе сыпучий продукт покрывается растительным маслом с  $\text{CO}_2$ -экстрактами специй, после чего обработанный продукт поступает в автомат, на котором происходит фасовка и упаковка изделий.

Другой способ практической реализации применения  $\text{CO}_2$ -экстрактов, в частности, экстракта розмарина, использовали для стабилизации липидов карпа и разработки рыбных полуфабрикатов высокой степени готовности. Сущность способа – в непрерывном ингибировании окисления липидов от выращивания рыбного сырья с большой долей жирового компонента до производства из него полуфабрикатов высокой степени готовности, жареных во фритюре. Использование  $\text{CO}_2$ -экстракта розмарина в рыбном комбикорме, а затем и в рыбных фаршах, приготовленных из рыбы, выращенной с использованием комбикорма, стабилизированного антиоксидантами (карнозиновой и

розмариновой кислотами), позволило значительно повысить стабильность жировой фазы как в рыбном сырье, так и в готовом продукте (таблица 7.5).

Для антиоксидантной стабилизации мучного изделия – кекса творожного, для которого применение CO<sub>2</sub>-экстрактов невозможно, применяли свежую облепиху, у которой ярко проявляются антиоксидантные свойства.

Исследования показателей безопасности жирового компонента разработанных изделий представлены в таблицах 7.4, 7.5.

Исследования проводились после трех месяцев хранения (1/2 срока хранения); для кекса песочного с творогом и облепихой и рыбных полуфабрикатов хранение осуществлялось при температурах -18-25 °С.

Таблица 7.4 - Показатели безопасности экстрагированного жирового компонента разработанных продуктов

Наименование изделия	Кислотное число, мг КОН / г	Перекисное число, мэкв активного кислорода / кг	Содержание сополимеров (СНПЭ), %
Чипсы из натурального картофеля с CO <sub>2</sub> -экстрактами	0,35±0,04	5,3±0,24	0,61±0,08
Сухарики с CO <sub>2</sub> -экстрактами	0,41±0,03	4,2±0,18	0,54±0,07
Кекс песочный с творогом и облепихой	0,39±0,05	3,6±0,16	0,42±0,03

Таблица 7.5 – Показатели безопасности экстрагированного жирового компонента рыбного сырья и полуфабриката высокой степени готовности

Наименование показателя	Показатели безопасности рыбного сырья и готовой продукции	
	Кислотное число, мг КОН / г	Перекисное число мэкв. активного кислорода / кг
Контрольная группа рыб	10,3	2,92
Опытная группа рыб	6,4	2,78
Крокеты без антиоксидантов	3,9	23
Крокеты с антиоксидантами	2,9	9,9

По результатам исследования определено, что все показатели соответствуют требованиям регламентирующих документов. Накопление свободных жирных кислот, пероксидов не интенсивное, содержание сополимеров (СНПЭ) не превышает 1 %.

Таким образом, на примере разработанных технологий показаны различные пути антиоксидантной стабилизации продукции быстрого питания

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что предложенная альтернативная технология обеспечивает приведенные в нормативной документации сроки годности исследуемых изделий за счет стабилизации их жирового компонента.

Оценка безопасности разработанных изделий в эксперименте на животных показала отсутствие изменений в органах и тканях контрольных и опытных групп.

Таким образом, разработаны технологии продукции быстрого питания с использованием очистки жиров наносорбентом и ингибированием окисления жиров природными антиоксидантами, доказавшие возможность продления сроков хранения продукции без потери потребительских свойств.

В **Главе 8** представлен расчет экономической эффективности производства и прибыль от реализации новых технологических решений. Проведены экономические расчеты эффективности внедрения предложенной технологии на примере мучного кулинарного изделия «Чак-чак» для ЗАО «Челны-хлеб». Расчет экономического эффекта от внедрения предложенной технологии очистки показал, что при производстве 1100 кг/сутки фритюрной продукции экономический эффект составит около 8 млн. рублей за счет сокращения расхода фритюрного жира на производство продукции быстрого питания. Кроме того, экономические расчеты показали эффективность производства и реализации продукции быстрого питания со стабилизированным жировым компонентом за счет возможности увеличения сроков хранения, улучшения показателей безопасности и органолептических свойств.

Работа будет продолжена в направлении исследований по оптимизации и совершенствованию технологии очистки фритюрных жиров и расширению рецептур и технологий продуктов питания с антиоксидантными свойствами.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Предложена принципиально новая схема контроля безопасности продукции быстрого питания, предусматривающая обязательный контроль безопасности готовой продукции и нормативы показателей в критических контрольных точках технологического процесса. Установлены следующие нормативы показателей безопасности для готовой продукции: массовая доля СНПЭ не более 0,2 %, П.ч. не более 2 мэкв / кг; для жирового компонента продукции быстрого питания и фритюрных жиров: массовая доля СНПЭ не более 1 %, К.ч. не более 2,0 мг КОН / г, П.ч. не более 10 мэкв / кг.

2. Проведена оценка безопасности жирового компонента продукции быстрого питания и жиров, используемых для ее производства. Показан высокий уровень их окисления и необходимость контроля безопасности самой готовой продукции и пересмотра сроков реализации этих групп продукции с учетом показателей безопасности жирового компонента. На основании экспериментальных исследований обоснованы критерии оптимизации жирнокислотного состава фритюрных жиров. Определено, что для производства фритюрных жиров рекомендуются смеси натуральных жиров и масел, содержащие не более 2 % *транс*-изомеров жирных кислот, не более 35% насыщенных жирных кислот и 20 - 25% линолевой кислоты. Для этой цели пригодны смеси подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла

с пальмовым маслом и пальмовым олеином, соответствующие по жирнокислотному составу указанным требованиям. При более высоком содержании линолевой кислоты рекомендуется дополнительная стабилизация фритюрного жира природными антиоксидантными комплексами.

3. Исследована кинетика высокотемпературного окисления фритюрных жиров, подтвердившая целесообразность определения массовой доли СНПЭ, которая отражает реальную картину накопления токсичных продуктов окисления. При более низких температурах обработкой критерием может являться содержание пероксидов. Кислотное число непригодно для оценки степени окисления фритюрного жира, так как не наблюдается четкой корреляции между СНПЭ и величиной кислотного числа. Определение концентрации эпоксидов может быть предложено как оперативный метод контроля безопасности фритюрных жиров, коррелирующий с концентрацией СНПЭ. Результаты проведенных исследований показали, что фритюрный жир без добавления антиоксидантов в реальном технологическом процессе может использоваться не более 8-10 часов; фритюрный жир, стабилизированный антиоксидантным комплексом (например, «SunnyGold» и «Вегафрай 05») - до 30 часов. Проведено исследование влияния условий технологического процесса и химического состава обжариваемых продуктов на интенсивность поглощения фритюрного жира готовым продуктом. Доказано, что маслопоглощение продукта увеличивается пропорционально степени окисления жира и зависит от химического состава продукта. Количество испаряющейся влаги эквивалентно количеству жира, впитывающегося в продукт в ходе жарки.

4. В исследованиях на животных установлен уровень токсического воздействия и патологий при употреблении продукции и жиров, содержащих различные концентрации вторичных продуктов окисления, нерастворимых в петролейном эфире. Попадая в организм, продукты окисления вызывают серьезные изменения биохимического состава и форменных элементов крови, приводят к нарушениям на тканевом и клеточном уровнях в работе желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и выделительной системы. Данные эксперименты показали, что действующая в настоящее время норма содержания СНПЭ – 1 % - вполне адекватна, однако в перспективе для повышения безопасности следует ужесточить требования к уровню сополимеров в продукции быстрого питания.

5. Предложен новый комплексный гранулированный термомодифицированный наносорбент, преимущества которого заключаются в значительном снижении концентрации СНПЭ в очищаемом фритюрном жире – на 70 %; удобстве его применения в технологическом процессе; возможности интенсификации процесса очистки с использованием ультразвука; легкости отделения адсорбента от жира; использовании отечественного сырья для производства сорбента. Разработана технология адсорбционной очистки термоокисленных фритюрных жиров с использованием нового наносорбента, которая позволяет снизить содержание токсичных продуктов во фритюрном жире и продлить срок его использования в технологическом процессе на 75 %.

6. Разработаны способы антиоксидантной стабилизации продукции быстрого питания с применением натуральных антиоксидантов: СО<sub>2</sub>-экстрактов пряных трав, облепихи. Экспериментально доказана возможность стабилизации жирового компонента при концентрациях антиоксидантов: СО<sub>2</sub>-экстрактов пряных трав от 0,026 до 0,1 % и облепихи - 1,5 % на этапе хранения. Разработаны технологические схемы внесения антиоксидантов в зависимости от пищевой системы.

7. Проведена оценка безопасности предложенных технологий в экспериментах на животных и их производственная апробация, рассчитан их экономический эффект, разработан комплект нормативной и технической документации.

#### **Список сокращений и условных обозначений**

СЖК – свободные жирные кислоты;

П.ч. – перекисное число, мэкв активного кислорода / кг;

К.ч. – кислотное число мг КОН / кг;

СНПЭ - сополимеры, нерастворимые в петролейном эфире, %;

ККТ - критическая контрольная точка.

#### **Список основных работ, опубликованных по материалам диссертации**

##### **Статьи в журналах, рецензируемых ВАК**

1. Симакова, И.В. Разработка установки для очистки фритюрного жира/ И.В. Симакова, Л.З. Шильман // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова – 2004. - №1. - С.
2. Симакова, И.В. Повышение эффективности использования подсолнечного масла в пищевом рационе человека/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик, А.М. Погосян // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова – 2008. - №6, С.72-76.
3. Симакова, И.В. Разработка технологии очистки подсолнечного масла на стадии его хранения/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик, И.Н. Крелина, А.М. Погосян // Хранения и переработка сельхозсырья. – 2009. - №3. – С.17-19.
4. Симакова, И.В. Исследование качества и безопасности покупных изделий, реализуемых в общественном питании/ И.В. Симакова, А.Н. Макарова, А.А. Терентьев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова – 2011. - №2. – С.34-38.
5. Симакова, И.В. Применение природных консервантов в производстве закусочных и мучных кондитерских изделий/ И.В. Симакова, А.Н. Макарова // Научно-технический журнал «Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов». – 2011. – №4(9). – С. 66-70.
6. Симакова, И.В. Исследование влияния на организм закусочных и сдобных мучных кондитерских изделий при их длительном потреблении по клиническому анализу крови/ И.В. Симакова, А.Н. Макарова, Р.Л. Перкель // Научно-технический журнал «Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов». 2011. - №3 (8). – С.67-74.
7. Симакова, И.В. Интенсификация процесса очистки растительных масел от первичных продуктов окисления в ультразвуковом поле/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, М.С. Тулеева // Научное обозрение. - 2011 - №6. - С. 44-47.
8. Симакова, И.В. Регенерация нерафинированного подсолнечного масла при хранении/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, М.С. Тулеева // Хранения и переработка сельхозсырья. - 2011 - №12. - С.22-23
9. Симакова, И.В. Оценка влияния фритюрных жиров и обжариваемых в них продуктов на организм животных/ И.В. Симакова, А.С. Носова, Н.А. Котукова // Хранения и переработка сельхозсырья. - 2012. - №5. - С.42-44.
10. Симакова, И.В. Исследование процесса порчи нерафинированного подсолнечного масла при хранении/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, Г.С. Гумаров, М.С. Тулеева// Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова – 2011. - №2.- С. 34-38.

11. Симакова, И.В. Исследование жирового компонента снеков длительного хранения и жиров, используемых для их производства/ И.В. Симакова, А.С. Носова, А.Н. Макарова // Хранения и переработка сельхозсырья. -2012. - №11. - С.32-35.

12. Симакова, И.В. Оценка показателей безопасности картофеля «фри», изготовленного в сетях «быстрого питания» Санкт-Петербурга/ И.В. Симакова, Р.Л. Перкель, А.Г. Воловей, М.Н. Куткина // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. -2013. - №10. – С. 47-50.

13. Симакова, И.В. Исследование качества жирового компонента мучных кондитерских изделий длительного хранения и жиров, используемых для их производства/ И.В. Симакова, А.С. Носова, А.Н. Макарова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. -2013. - №8. – С.59-62

14. Симакова И.В., Исследование физиологического эффекта и безопасности применения растительных добавок в технологии продуктов питания/ И.В. Симакова, А.Н. Макарова, О.С. Фоменко // Хранения и переработка сельхозсырья. – 2015. - № 3 . –С. 24-28.

15. Симакова, И.В., Биологическая оценка безопасности фритюрных жиров в клиническом эксперименте на животных/ И.В. Симакова, А.А. Терентьев, И.Ю. Домницкий, А.Г. Воловей, Р.Л. Перкель, М.Н. Куткина // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. -2014. - №8. – С.57-62

16. Симакова, И.В. Клинические исследования безопасности фритюрных жиров, содержащих *транс*-изомеры олеиновой кислоты / И.Ю. Домницкий, А.А.Терентьев, Р.Л. Перкель, И.В. Симакова // Научное обозрение. – 2015. -№ 2 – С. 52-56.

#### **Авторские свидетельства, патенты, изобретения**

1. Патент РФ 2218386. Способ очистки фритюрного жира/ И.В. Симакова– 2002.

2. Патент РФ 34531на полезную модель. Установка для очистки фритюрного жира/ И.В. Симакова, Л.З. Шильман,В.Ф. Маркин,В.Н. Петунов– 2003.

3. Патент РФ 78444 на полезную модель. Центробежный очиститель жидкостей/ И.В.Симакова, Ф.Я.Рудик, С.А.Богатырев,А.М.Погосян,Л.Ю. Скрыбина– 2008.

4. Патент РФ 81198 С11В3/10 на полезную модель Установка для очистки фритюрного жира/ И.В. Симакова, Ф.Я.Рудик, С.А. Богатырев,А.М. Погосян, Л.Ю. Скрыбина – 2008.

5. Патент РФ 2473674. Способ очистки фритюрного жира/И.В. Симакова,Ф.Я.Рудик, С.А.Богатырев, М.С. Тулиева, Л.Ю. Скрыбина,Б.В. Богачев -2013.

6. Патент РФ №2528030 от 15.07.2014. Способ очистки фритюрного жира с использованием природных адсорбентов/ Симакова И.В., Перкель Р.Л., Носова А.С. -2014.

#### **Отдельные издания, монографии**

1. Энциклопедия питания. Организм человека и питание. Нутриенты пищевых продуктов, Том 1-2/ Под общ. Ред. А.И. Черевко, В.М. Михайлова; В.Г.Горбань, Н.В. Дуденко, М.Б. Колесникова, А.И. Мглинец, Л.Ф. Павлоцкая, П.П. Пивоваров, Л.З. Шильман И.В. Симакова и др.. Харьков: Мир книг, 2013. -353 с. ISBN 978-966-2678-10-9

2. Энциклопедия питания: в 10 т. / Под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлова Т. 3 Характеристика продуктов питания/ Под общ. ред. Л.З.Шильмана; Сост.: Дубинина А.А., Шильман Л.З., Дейниченко Г.В., Дюкарева Г.И. Сырохман И.В., Хацкевич Ю.Н., Селютина Г.А., Ленерт С.А., Летута Т.Н., Овчинникова И.Ф., Попова Т.Н., Онищенко В.Н., Скурихина Л.А., Симакова И.В., Тимченко В.К., Золотухина И.В., Ольховская В.С., Томашевская Р.Я., Винникова В.А – Х.: Мир Книг, 2014. – 690 с.ISBN 978-966-2678-23-9

3. Симакова, И.В. Инновационные технологии в области пищевых продуктов и продукции общественного питания функционального и специализированного назначения: коллективная монография / И.В. Симакова, А.Н. Макарова и др. ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ»; под общ. ред. Н.В. Панковой. – СПб.: Изд-во «ЛЕМА», 2012. – С. 271-286.

4. Симакова, И.В. Качество и безопасность продукции в рамках государственной политики в области здорового питания населения: коллективная монография / И.В. Симакова, А.С. Носова и др. ФГБОУ ВПО «СПбГТЭУ»; под общ. ред. Н.В. Панковой. – СПб.: Изд-во «ЛЕМА», 2012. – С. 44-55

5. Симакова, И.В. Инновационные методы очистки растительных масел: монография/ И.В. Симакова, Ф.Я. Рудик ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», Саратов, 2012, 68 с.ISBN: 978-5-7011-0763-0