

На правах рукописи

**БЕРЕЖНОЙ Виктор Николаевич**



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
РАФИНИРОВАННЫХ ДЕЗОДОРИРОВАННЫХ КУКУРУЗНЫХ  
МАСЕЛ И ОЦЕНКА ИХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ**

Специальность 05.18.06 - Технология жиров, эфирных масел и  
парфюмерно-косметических продуктов

05.18.15 - Товароведение пищевых продуктов и  
технология продуктов общественного питания

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Краснодар - 2004

Работа выполнена в Кубанском государственном технологическом  
университете

**Научные руководители:** кандидат технических наук,  
профессор Мартовщук Евгения Владимировна  
доктор технических наук,  
профессор Калманович Светлана Александровна

**Официальные оппоненты:** Доктор технических наук, профессор  
С.Ф.Быкова  
Доктор технических наук, профессор  
И.П.Артеменко

**Ведущая организация:** Испытательный центр масложировой продукции  
«Аналитик»

Защита состоится 2 марта 2004 года в 13<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета Д 212.100.03 при Кубанском государственном  
технологическом университете по адресу: 350072 г. Краснодар,  
ул. Московская, 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета  
(г. Краснодар, ул. Московская, 2)

Автореферат разослан 2 февраля 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. техн. наук, доцент



М.В. Жарко

## 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1.1 Актуальность темы. Основным положением современной науки о питании является положение «Здоровье - функция питания». Среди пищевых продуктов особое место занимают растительные масла такие, как виноградное и кукурузное.

Рафинированное дезодорированное кукурузное масло является диетическим продуктом. Оно богато эссенциальными жирными кислотами, которые обеспечивают полную усваиваемость и препятствуют отложению в организме человека холестерина, а также токоферолами и стеролами.

К сожалению, кукурузное масло относится к труднорафинируемым маслам, так как в его составе содержится в значительном количестве нежелательные, сопутствующие триацилглицеринам (ТАГ) липиды, в том числе свободные жирные кислоты, негидратируемые фосфолипиды, продукты окисления и коричневые пигменты.

В настоящее время традиционная технология рафинации кукурузных масел не позволяет получать высокий выход готового продукта при достижении качества, соответствующего требованиям международных стандартов.

В связи с этим разработана высокоэффективная технология рафинации кукурузного масла, учитывающей особенности химического состава сопутствующих ТАГ липидов и обеспечивающей получение высококачественного рафинированного дезодорированного кукурузного масла при высоком его выходе, является актуальной.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с НТП Минобрания РФ «Научные исследования высшей школы по технологии живых систем», № Госрегистрации 1200004210.

1.2 Цель работы. Целью настоящей работы является совершенствование технологии получения рафинированных дезодорированных кукурузных масел и оценка их потребительских свойств.

### 1.3 Основные задачи исследования:

- исследование особенностей состава сопутствующих ТАГ липидов, содержащихся в гидратированных кукурузных маслах;

- изучение взаимного влияния сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации в модельных системах;



- экспериментальное обоснование и выбор метода, позволяющего снизить степень ассоциации сопутствующих ТАГ липидов;
- выявление эффективных режимов подготовки к нейтрализации системы «триацилглицерины - сопутствующие липиды» с применением метода механохимической активации;
- определение технологических режимов нейтрализации гидратированных кукурузных масел растворами силиката натрия;
- разработка высокоэффективной технологии получения рафинированных дезодорированных кукурузных масел;
- оценка органолептических и физико-химических показателей качества рафинированных дезодорированных кукурузных масел, полученных по разработанным технологическим режимам;
- исследование динамики окислительных процессов в рафинированных-дезодорированных кукурузных маслах при хранении;
- оценка медико-биологических свойств кукурузных рафинированных, дезодорированных масел, полученных по разработанной технологии; обуславливающих их диетическое назначение;
- проведение опытно-промышленных испытаний разработанной технологии;
- экономическая оценка разработанных технологических решений.

1.4 Научная новизна. Выявлены особенности состава сопутствующих ТАГ липидов, содержащихся в гидратированных кукурузных маслах. Установлено, что негидратируемые фосфолипиды, остающиеся в гидратированных кукурузных маслах, представлены сложными соединениями фосфатидных кислот со стеролами и алифатическими спиртами. Показано, что отличительной особенностью сопутствующих ТАГ липидов кукурузного гидратированного масла является • высокое содержание нежелательных сопутствующих веществ таких, как продукты окисления и коричневые пигменты. Выявлено, что негидратируемые фосфатидные кислоты, а также неомыляемые липиды практически не оказывают влияния на степень ассоциации сопутствующих липидов в системах «смесь свободных жирных кислот - негидратируемые фосфатидные кислоты - модельное масло» и «смесь свободных жирных кислот - неомыляемые липиды — модельное масло». Впервые установлено, что присутствие продуктов окисления приводит к увеличению степени ассоциации; сопутствующих ТАГ липидов в

системе «смесь свободных жирных кислот- продукты окисления - модельное масло». Установлено взаимное влияние сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации в системе «смесь свободных жирных кислот - негидратитруемые фосфатидные кислоты - неомыляемые липиды - продукты окисления — модельное масло».

Впервые выявлено, что метод механохимической активации позволяет снизить степень ассоциации молекул сопутствующих ТАГ липидов, выделенных из гидратированного кукурузного масла, в модельных системах, что подтверждается снижением межфазного натяжения реальной системы — гидратированного кукурузного масла, обработанного в МХА, на границе раздела фаз с водой.

1.5 Практическая значимость. Разработан способ подготовки гидратированных кукурузных масел к нейтрализации с применением метода механохимической активации, позволяющий повысить эффективность нейтрализации, а также увеличить выход нейтрализованного масла. Разработаны технологические режимы нейтрализации кукурузных гидратированных масел растворами силиката натрия, а также технологические режимы разделения системы «нейтрализованное масло - soapсток». Разработана технология рафинации кукурузных масел, позволяющая получать высококачественные рафинированные дезодорированные кукурузные масла и обеспечивающая их высокий выход.

Разработаны технологическая инструкция (ТИ 9146-022-02067862-2003) и технологический регламент (ТР 9146 - 023 -02067862-2003) на производство рафинированных дезодорированных кукурузных масел.

На основании оценки качества и медико-биологических исследований рафинированных дезодорированных кукурузных масел, полученных по разработанной технологии, установлено, что они обладают гипохолестеринемическими, гипополипидемическими и антиоксидантными свойствами.

1.6 Реализация результатов исследования. Разработанная технология рафинации кукурузных масел проверена в учебно-научно-производственной лаборатории кафедры технологии жиров, товароведения и экспертизы товаров КубГТУ, а также в промышленных условиях Краснодарского экспериментального маслозавода. Технология принята к внедрению на Краснодарском экспериментальном маслозаводе во II кв. 2004 года. Ожидаемый экономический эффект от внедрения составит более 800 тыс. руб.

1.7 Апробация работы. Материалы были представлены на Международной конференции «Масложировая промышленность и ее влияние на пищевую индустрию», г. С-Петербург, ноябрь 2001г.; на Международной научно-практической конференции «Пищевые продукты XXI века», г. Москва, ноябрь 2001г.; на VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития пищевой промышленности и стандартизации пищевых продуктов», г. Москва, апрель 2002г.; на III Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», г. Могилев, Беларусь, апрель 2002г.; на II Международной конференции «Масложировой комплекс России. Новые аспекты», г. Москва, июнь 2002г.; на Международной научно-практической конференции «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства», г. Челябинск, апрель 2003г.; на Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», г. Воронеж, апрель 2003г.; на III Межрегиональной научно-практической конференции «Региональные производители: их место на современном рынке товаров и услуг», г. Красноярск, 18 апреля 2003г.

1.8 Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 2 статьи и 9 тезисов докладов, получено 2 патента РФ, 2 решения о выдаче патента РФ, подано 3 заявки на изобретения.

1.9 Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, аналитического обзора, методической части, экспериментальной части, списка литературных источников и 7 приложений. Основная часть работы выполнена на 120 страницах, включает 20 таблиц и 16 рисунков. Список литературных источников включает 150 наименований, из них 35 на иностранных языках.

## **2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

2.1 Методы исследования. При проведении экспериментальных исследований использовали стандартные методики, рекомендуемые ВНИИЖиров, современные методы физико-химического анализа: спектроскопию (ИК-, УФ-, атомно-абсорбционную), хроматографию тонкослойную (ТСХ), газожидкостную (ГЖХ) и высокоэффективную жидкостную (ВЭЖХ), а также модифицированный метод диализа в непрерывном потоке. Ассоциацию сопутствующих ТАГ

липидов исследовали методом ИК-спектроскопии, позволяющим определить содержание индивидуальных молекул и молекул в ассоциатах.

Механохимическую активацию проводили в механохимическом активаторе (МХА) специальной конструкции горизонтального типа с фторопластовыми телами качения.

Межфазное натяжение гидратированных кукурузных масел на границе с водой определяли сталагмометрическим методом на сталагмометре по модифицированной методике.

Медико-биологические исследования проводили совместно со специалистами Института Питания РАМН на белых крысах, получавших полноценные пищевые смеси, 25% жировой части которых в экспериментальных группах обеспечивались за счет рафинированных дезодорированных кукурузных масел, полученных по разработанной технологии. В контрольной группе 25% жировой части пищевых смесей обеспечивались за счет рафинированного дезодорированного кукурузного масла, полученного по традиционной технологии.

Оценку степени окисленности масел осуществляли по перекисному числу, суммарному содержанию продуктов окисления, нерастворимых в петролейном эфире, а также по содержанию соединений с сопряженными двойными связями ( $K_{232}$ ;  $K_{268}$ ).

Оценку результатов проводили с использованием методов расчета статистической достоверности результатов измерений.

2.2 Характеристика объектов исследования. В качестве объектов исследования использовали производственные образцы гидратированных кукурузных масел, отобранные на Краснодарском экспериментальном маслозаводе (таблица 2.1).

Показано, что гидратированные кукурузные масла имеют высокие значения кислотного, перекисного и цветного чисел. В групповом составе негидратируемых фосфолипидов обнаружены фосфатидные кислоты. Методами кислотного и щелочного гидролиза, а также методом ИК-спектроскопии установлено, что негидратируемые фосфатидные кислоты, выделенные из гидратированного кукурузного масла, представляют собой сложные соединения с алифатическими спиртами и стеролами.

Таблица 2.1 -Характеристика гидратированных кукурузных масел

Наименование показателя	Значение показателя
Цветное число, мг I <sub>2</sub>	35-45
Кислотное число, мг КОН/г	3,15-4,00
Перекисное число, ммоль ½O/кг	9,38-10,29
Массовая доля негидратируемых фосфолипидов, %	0,09-0,10
в том числе:	
фосфатидных кислот	0,09-0,10
Массовая доля, %:	
стеролов	0,40-0,46
алифатических спиртов	0,17-0,18
токоферолов	0,16-0,18
каротиноидов	0,045-0,055
углеводородов	0,01-0,02
углеводов	отсутствие
Суммарное содержание продуктов окисления, нерастворимых в петролейном эфире, %	1,15-1,87
Содержание коричневых пигментов, %	0,03-0,06

Свободные жирные кислоты, выделенные из гидратированных кукурузных масел, содержат в своем составе насыщенные кислоты — лауриновую, миристиновую, пальмитиновую и стеариновую, а также ненасыщенные жирные кислоты — пальмитолеиновую, олеиновую, линолевую и линоленовую.

Состав неомыляемых липидов представлен стеролами, алифатическими спиртами, токоферолами, каротиноидами и незначительным количеством углеводов. Отличительной особенностью гидратированных кукурузных масел является высокое содержание биологически активных сопутствующих липидов, таких как стеролы, токоферолы и каротиноиды.

Следует отметить высокое содержание в гидратированных кукурузных маслах нежелательных сопутствующих веществ - продуктов окисления и коричневых пигментов.

2.3 Исследование взаимного влияния сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации. Гидратированные кукурузные масла представляют собой сложную многокомпонентную систему, которую можно представить в виде раствора смеси свободных жирных кислот, негидратируемых фосфолипидов,



неомыляемых липидов и продуктов окисления (в том числе коричневых пигментов) в ТАГ.

Учитывая это, исследовали взаимное влияние сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации в модельных системах методом ИК-спектроскопии при температурах 70-80°C.

В таблице 2.2 приведены данные по взаимному влиянию сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации в модельном масле.

Таблица 2.2 - Взаимное влияние сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации

Наименование системы	Степень ассоциации, %	
	при температуре, °С	
	70	80
Смесь свободных жирных кислот:		
исходная	92,3	90,2
с введением:		
негидратируемых фосфатидных кислот	92,3	90,2
неомыляемых липидов	92,3	90,2
продуктов окисления	96,8	95,7
негидратируемых фосфатидных кислот, неомыляемых липидов и продуктов окисления	98,9	98,4

Установлено, что степень ассоциации молекул сопутствующих ТАГ липидов в системах «смесь свободных жирных кислот - модельное масло» и «смесь свободных жирных кислот - негидратируемые фосфатидные кислоты - модельное масло» практически не отличается, что говорит об отсутствии влияния негидратируемых фосфатидных кислот на степень, ассоциации в системе «смесь свободных жирных кислот— модельное масло». Присутствие в системе «смесь свободных жирных кислот - модельное масло» неомыляемых липидов также не оказывает влияния на степень ассоциации указанной системы.

Установлено, что присутствие продуктов окисления в системе «смесь свободных жирных кислот — продукты окисления - модельное масло» увеличивает степень ассоциации исследуемой системы. Следует отметить, что одновременное присутствие в системе смеси свободных жирных кислот, продуктов окисления, негидратируемых фосфатидных кислот и неомыляемых липидов приводит к некоторому увеличению степени. ассоциации

по сравнению с этим показателем для системы, содержащей смесь свободных жирных кислот и продукты окисления.

Таким образом, сопутствующие ТАГ липиды; в гидратированном кукурузном масле при температурах 70-80<sup>0</sup> С находятся в виде ассоциатов сложного состава, что затрудняет их выведение на последующих стадиях рафинации, а также требует применения высокого избытка нейтрализующих агентов, приводящего к омылению нейтрального жира и к снижению выхода нейтрализованного масла.

Учитывая это, необходимо выбрать эффективный метод воздействия на систему «комплекс сопутствующих ТАГ липидов - модельное масло», позволяющий снизить степень ассоциации сопутствующих ТАГ липидов и тем самым увеличить их реакционную способность.

2.4 Влияние метода механохимической активации на степень ассоциации сопутствующих ТАГ липидов. Ранее было показано, что для сопутствующих ТАГ липидов, выделенных из гидратированного подсолнечного масла, эффективным методом воздействия на систему с целью снижения степени ассоциации является электромагнитная активация. Однако, учитывая особенности состава сопутствующих липидов гидратированного кукурузного масла, а именно высокое содержание продуктов окисления и коричневых пигментов, предварительными опытами показано, что метод электромагнитной активации для исследуемых объектов менее эффективен, чем метод механохимической активации.

На следующем этапе исследовали влияние режимов механохимической активации на степень ассоциации сложной системы «комплекс сопутствующих ТАГ липидов - модельное масло».

Интенсивность механохимической обработки варьировали путем изменения частоты вращения вала МХА в интервале от 10 до 40с\*<sup>1</sup> при температурах; 70°С и 80°С. На рисунках 2.1 и 2.2 приведено влияние МХА на степень ассоциации в системе «комплекс сопутствующих ТАГ липидов модельное масло».

Для сравнения приведены также данные по влиянию МХА на системы «смесь свободных жирных кислот - модельное масло» и «смесь свободных жирных кислот - продукты окисления - модельное масло».

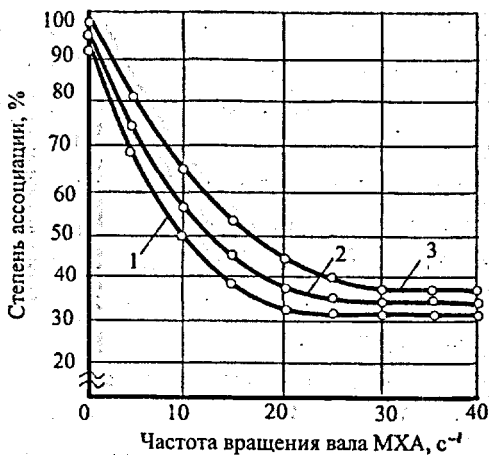


Рисунок 2.1 – Влияние МХА на степень ассоциации при 70 °С в системах: 1 – «комплекс сопутствующих ТАГ липидов – модельное масло»; 2 – «смесь свободных жирных кислот – продукты окисления – модельное масло»; 3 – «смесь свободных жирных кислот – модельное масло».

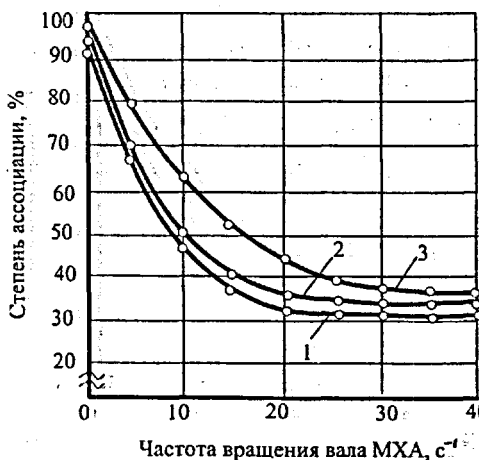


Рисунок 2.2 – Влияние МХА на степень ассоциации при 80 °С в системах: 1 – «комплекс сопутствующих ТАГ липидов – модельное масло»; 2 – «смесь свободных жирных кислот – продукты окисления – модельное масло»; 3 – «смесь свободных жирных кислот – модельное масло».

Показано, что с увеличением интенсивности механохимической обработки наблюдается снижение степени ассоциации в исследуемых системах, при этом для системы «смесь свободных жирных кислот - модельное масло» максимальный эффект достигается при частоте вращения вала МХА 20 с<sup>-1</sup>, для системы «смесь свободных жирных кислот - продукты окисления - модельное масло» - при частоте 25 с<sup>-1</sup>, а для системы «комплекс сопутствующих ТАГ липидов-

модельное масло» - при частоте  $30 \text{ c}^{-1}$ . Следует отметить, что увеличение частоты вращения вала механохимического активатора выше  $30 \text{ c}^{-1}$  при обработке системы «комплекс сопутствующих ТАГ липидов - модельное масло» не приводит к дальнейшему снижению степени ассоциации.

Снижение степени ассоциации молекул сопутствующих ТАГ липидов в исследуемых системах, на наш взгляд, происходит в результате изгибания и разрыва межмолекулярных водородных связей, образованных между молекулами свободных жирных кислот, молекулами продуктов окисления, а также между молекулами свободных жирных кислот и продуктов окисления.

Известно, что молекулы сопутствующих ТАГ липидов, находящиеся в индивидуальном состоянии, обладают большей поверхностной активностью, т.е. способностью снижать межфазное натяжение на границе раздела фаз с водой по сравнению с ассоциатами.

Учитывая это, для подтверждения влияния МХА на степень ассоциации сопутствующих ТАГ липидов были проведены специальные опыты на реальных системах. Гидратированное кукурузное масло обрабатывали в МХА при частоте вращения вала  $30 \text{ c}^{-1}$  и температурах  $70$  и  $80^\circ\text{C}$ . До и после обработки масел в МХА измеряли межфазное; натяжение на границе раздела фаз с водой (рисунок 2.3).

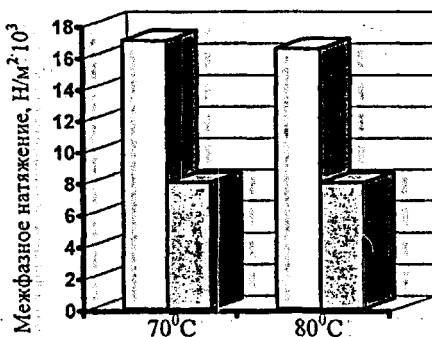


Рисунок 2.3 – Влияние МХА на величину межфазного натяжения гидратированного кукурузного масла на границе раздела фаз с водой:  $\blacksquare$  - исходное;  $\square$  - обработанное в МХА.

Показано, что после обработки гидратированного кукурузного масла в МХА межфазное натяжение на границе раздела фаз с водой снижается более,

чем на 50% по сравнению с межфазным натяжением гидратированного кукурузного масла, не обработанного в МХА.

**2.5 Выбор и обоснование нейтрализующего реагента.** Учитывая, что эффективность нейтрализации во многом определяется видом щелочного реагента, на следующем этапе исследования были проведены эксперименты по обоснованию выбора нейтрализующего реагента.

Одним из нежелательных процессов, протекающих при нейтрализации масел растворами щелочных реагентов, является омыление нейтрального жира, что приводит к снижению выхода нейтрализованного масла.

Сравнительная оценка влияния природы нейтрализующих реагентов на степень омыления нейтрального жира приведена на рисунке 2.4.

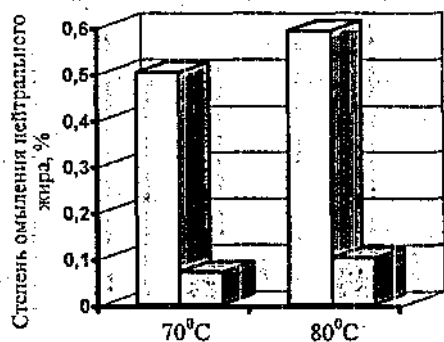


Рисунок 2.4 – Влияние природы нейтрализующего реагента концентрацией 170 г/л при избытке нейтрализующего реагента: 50% на степень омыления нейтрального жира:  – раствор гидроксида натрия;  – раствор силиката натрия.

Представленные данные показывают, что силикат натрия выгодно отличается от гидроксида натрия низкой степенью омыления нейтрального жира.

Учитывая это, нами выбран в качестве нейтрализующего реагента силикат натрия.

**2.6 Определение оптимальных режимов нейтрализации гидратированных кукурузных масел.** Основными показателями, характеризующими эффективность нейтрализации, являются степень удаления свободных жирных кислот, остаточное содержание мыла в нейтрализованном масле и выход нейтрализованного масла.

Основными факторами, влияющими на процесс нейтрализации, являются температура, концентрация и избыток нейтрализующего реагента.

Нейтрализацию проводили при температурах 60-80 °С Концентрацию водных растворов силиката натрия варьировали в интервале 100 - 300 г/л, а избыток силиката натрия - в интервале 5-50%.

Предварительными экспериментами было установлено, что нейтрализация, кукурузных масел при параметрах, лежащих в интервалах варьирования значений факторов, позволяет снизить кислотное число нейтрализованного масла до 0,15 мг КОН/г. Содержание мыла в нейтрализованном масле во всех опытах не превышало 0,030%. Учитывая это, при проведении последующих экспериментов для выявления оптимальных режимов нейтрализации масел силикатом натрия в качестве функции отклика приняли величину выхода нейтрализованного масла.

В результате проведения оптимизации определены режимы нейтрализации, которые обеспечивают максимальный выход нейтрализованного масла: концентрация силиката натрия - 250 г/л температура нейтрализации - 70°С; избыток раствора силиката натрия - 10% от теоретически необходимого для нейтрализации свободных жирных кислот.

Известно, что применение в качестве нейтрализующего реагента раствора силиката натрия при рафинации подсолнечных масел позволяет осуществлять отделение соапстока от нейтрализованного масла седиментацией. Учитывая это, определяли эффективность отделения соапстока от нейтрализованного кукурузного масла седиментацией.

2.7 Определение режимов седиментационного разделения системы «нейтрализованное масло — соапсток». На рисунке 2.5 приведена зависимость эффективности отделения соапстока от нейтрализованного масла для систем «нейтрализованное силикатом натрия масло - соапсток» и «нейтрализованное гидроксидом натрия масло — соапсток».

Показано, что скорость отделения соапстока от масла, нейтрализованного раствором силиката натрия, выше, чем скорость отделения соапстока от масла, нейтрализованного гидроксидом натрия; что позволяет значительно сократить время разделения фаз.

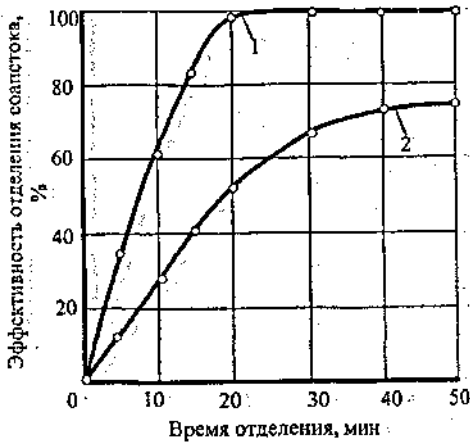


Рисунок 2.5 – Эффективность отделения мыла от нейтрализованного масла: седиментацией для систем: 1 – масло, нейтрализованное силикатом натрия – мыло; 2 – масло, нейтрализованное гидроксидом натрия – мыло.

2.8 Определение режимов промывки нейтрализованных масел: Низкое содержание мыла в масле, нейтрализованном раствором силиката натрия (не более 0,030%), в отличие от содержания мыла в масле, нейтрализованном раствором гидроксида натрия (0,150%), позволяет сократить количество промывных вод, а, следовательно, снизить величину отходов и потерь при промывке, т.е. увеличить выход масла (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Влияние режимов промывки на качество масла

Количество воды на промывку, % к массе масла	Массовая доля мыла, % при температуре, °С		
	70	80	90
5	0,08	0,07	0,05
10	0,05	0,03	отсутствие
15		отсутствие	
20		отсутствие	

Показано, что полное удаление мыла из нейтрализованного масла можно достичь при промывке водой в количестве 10% к массе масла и температуре 90 С, при этом отходы и потери нейтрального жира составляют не более 0,2%.

2.9 Разработка технологии рафинации кукурузных масел. На основании проведенных экспериментов разработаны технологические режимы рафинации кукурузных масел, включающие подготовку гидратированных масел к нейтрал-

зации с применением метода МХА, нейтрализацию масла раствором силиката натрия, промывку нейтрализованного масла водой и сушку (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Основные технологические режимы рафинации кукурузных масел

Наименование стадии и показатели	Величина показателя
<b>1. Подготовка масла к нейтрализации в механохимическом активаторе:</b>	
Температура, °С	70
Скорость вращения вала МХА, с <sup>-1</sup>	30
<b>2. Нейтрализация:</b>	
Концентрация, г/л	250
Количество силиката натрия, кг/т	2,16 к.ч.
Избыток силиката натрия, %	10
Температура, °С	70
<b>3. Отделение соапстока от нейтрализованного масла седиментацией:</b>	
Температура, °С	70
Время отделения, мин.	40
<b>4. Промывка водой:</b>	
Количество воды, % к массе масла	10,0
Температура, °С	90
Отделение промывной воды от промытого масла седиментацией:	
Температура, °С	90
Время отделения, мин.	60
<b>5. Сушка:</b>	
Температура, °С	95
Остаточное давление, кПа	5,5-6,0
<b>6. Дезодорация:</b>	
Температура, °С	160-170
Остаточное давление, кПа	0,55

В таблице 2.5 приведены показатели качества рафинированных кукурузных масел.

Апробацию разработанной технологии рафинации кукурузных масел проводили в опытно-промышленных условиях Краснодарского экспериментального маслозавода. Кукурузные масла, рафинированные по традиционной и разработанной технологиям, дезодорировали.

В процессе опытно-промышленных испытаний показано, что для кукурузных масел, рафинированных по разработанной технологии, можно снизить температуру дезодорации на 20-300С по сравнению с традиционной температу-



рой дезодорации. Такое снижение температуры дезодорации, по-видимому, стало возможным из-за более полного выведения продуктов окисления при нейтрализации масла по разработанным режимам, по сравнению с традиционными режимами (таблица 2.5).

Таблица 2.5 - Показатели качества рафинированных кукурузных масел

Показатели	Масло, рафинированное по технологии	
	разработанной	традиционной
Кислотное число, мг КОН/г	0,15	0,30
Цветное число, мг I <sub>2</sub>	18	28
Перекисное число, ммоль 1/2 O <sub>2</sub> /кг	1,20	4,38
Массовая доля, %:		
фосфолипидов	отсутствие	отсутствие
мыла	отсутствие	отсутствие
Суммарное содержание продуктов окисления, нерастворимых в петролейном эфире	0,15	1,05
Степень удаления продуктов окисления, %	91,9	43,8

В таблице 2.6 приведены показатели качества кукурузных рафинированных дезодорированных масел.

Показано, что рафинированные дезодорированные кукурузные масла, полученные по разработанной технологии, превосходят по качеству масла, полученные по традиционной технологии, при этом увеличивается выход готового продукта, полученного по разработанной технологии.

2.10 Оценка физиологической ценности рафинированных дезодорированных кукурузных масел. В таблице 2.7 приведены данные по содержанию физиологически ценных веществ в исследуемых образцах масел.

Показано, что рафинированное дезодорированное кукурузное масло, полученное по разработанной технологии, содержит большее количество физиологически ценных веществ, таких, как токоферолы и стеролы.

Для оценки физиологической ценности кукурузных масел были проведены медико-биологические исследования. Для сравнения приведены результаты медико-биологических исследований рафинированного дезодорированного кукурузного масла, полученного по традиционной технологии (таблица 2.8).

Таблица 2.6 - Показатели качества рафинированных дезодорированных кукурузных масел

Показатели	Масло, рафинированное дезодорированное по технологии	
	разработанной	традиционной
Органолептическая оценка, баллы	50	46
Цветное число, мг I <sub>2</sub>	15	25
Кислотное число, мг КОН/г	0,15	0,27
Перекисное число, ммоль 1/2 O/кг	0,92	3,81
Массовая доля, %:		
фосфолипидов	отсутствие	отсутствие
мыла	отсутствие	отсутствие
Суммарное содержание продуктов окисления; нерастворимых в петролейном эфире	0,05	0,42
Кoeffициенты поглощения при длине волны, нм:		
232	0,25	0,49
268	0,04	0,15
Массовая доля, мг/кг:		
Na	отсутствие	не определяется
Si	отсутствие	не определяется
Содержание коричневых пигментов, %	отсутствие	0,01
Выход рафинированного дезодорированного масла, %	96,00	94,35

Таблица 2.7. Содержание физиологически ценных веществ, в рафинированных дезодорированных кукурузных маслах

Наименование физиологически ценных веществ	Масло, рафинированное дезодорированное по технологии	
	традиционной	разработанной
Массовая доля токоферолов, мг %:	100	150
в том числе:		
α-токоферолов	50	80
β-токоферолов	45	55
γ-токоферолов	5	15
Массовая доля, %:		
ситостеролов	0,28	0,31
кампестеролов	0,05	0,08
стигмастеролов	0,03	0,03

Таблица 2.8 – Результаты медико-биологических исследований

Наименование показателя	Масло рафинированное дезодорированное по технологии	
	традиционной	разработанной
Содержание в сыворотке крови:		
малонового диальдегида, нмоль МДА/мл сыворотки	4,29±0,08	3,79±0,07
диеновых конъюгатов, OD <sub>232</sub> / мл сыворотки	0,48±0,01	0,43±0,01
Содержание в сыворотке крови, мг/100мл:		
общих липидов	400±12	370±13
β-липопротеидов	230±12	205±10
холестерина	72,7±1,2	61,4±1,1
Содержание в печени, %:		
холестерина	0,345±0,030	0,309±0,028
липидов	7,10±0,15	6,32±0,12
Относительная масса печени, %	3,20±0,10	2,90±0,10

Показано, что рафинированное дезодорированное кукурузное масло, полученное по разработанной технологии, по медико-биологическим показателям превосходит рафинированное дезодорированное кукурузное масло, полученное по традиционной технологии, так как обладает выраженными гипохолестеринемическими, гиполипидемическими и антиоксидантными свойствами.

2.11 Исследование изменения показателей окисления рафинированных дезодорированных кукурузных масел в процессе хранения. Исследовали влияние разработанных технологических режимов на стойкость масел к окислению в процессе хранения. Для этого рафинированные дезодорированные кукурузные масла расфасовывали в бутылки массой нетто 1000г из полимерного материала (ПВХ) и хранили при температуре 25°C в затемненном месте.

В процессе хранения масел определяли характеристики степени их окисленности: перекисные числа, суммарное содержание продуктов окисления, соединений с сопряженными двойными связями, а также изменение содержания токоферолов в процессе хранения (рисунки 2.6 и 2.7).



Рисунок 2.6 – Изменение перекисного числа в процессе хранения рафинированных дезодорированных кукурузных масел, полученных по технологии: 1 - традиционной; 2 - разработанной

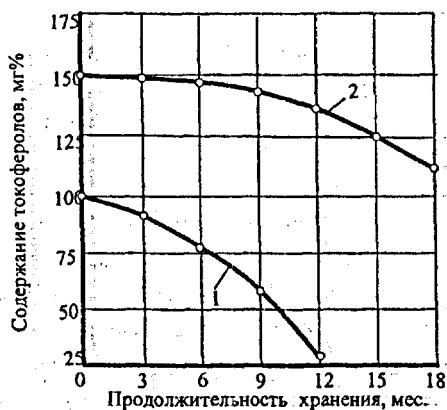


Рисунок 2.7 – Влияние сроков хранения и технологии на содержание токоферолов в рафинированных дезодорированных кукурузных маслах, полученных по технологии: 1 - традиционной; 2 - разработанной

Установлено, что в процессе хранения суммарное содержание продуктов окисления и соединений с сопряженными двойными связями практически не изменяется, а перекисное число увеличивается, при этом для масла, полученного по традиционной технологии, перекисное число увеличивается с большей скоростью и достигает предельного значения при хранении в течение 12 месяцев, а для масла, полученного по разработанной технологии, этот показатель остается ниже предельного даже при хранении в течение 18 месяцев.

Показано, что сроки хранения масла, рафинированного дезодорированного по разработанной технологии, значительно больше, чем масла, рафинированного и дезодорированного по традиционной технологии (на 6 месяцев).

Содержание токоферолов в рафинированном дезодорированном кукурузном масле, полученном по разработанной технологии, при хранении в течение 18 месяцев снижается на 25% , з в кукурузном масле, рафинированном по традиционной технологии, содержание токоферолов в течение 12 месяцев хранения снижается на 70%.

Таким образом, разработанная технология позволяет получить рафинированное дезодорированное кукурузное масло, устойчивое к окислению и имеющее высокую физиологическую ценность, что позволяет рекомендовать его в качестве продукта для функционального питания.

Разработанная технология рафинации кукурузных масел принята к внедрению во II квартале 2004 года на Краснодарском экспериментальном маслозаводе.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии при переработке кукурузного масла составит более 800 тыс. руб.

### 3 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Выполненный комплекс исследований позволил выявить особенности состава сопутствующих ТАГ липидов гидратированного кукурузного масла и на основании этого определить пути повышения эффективности процесса рафинации и обосновать технологические режимы.

1. Выявлены особенности состава сопутствующих ТАГ липидов, содержащихся в гидратированных кукурузных маслах. Установлено, что негидратируемые фосфолипиды, остающиеся в гидратированных кукурузных маслах, представлены сложными соединениями фосфатидных кислот со стеролами и алифатическими спиртами. Показано, что отличительной особенностью сопутствующих ТАГ липидов гидратированных кукурузных масел является высокое содержание нежелательных сопутствующих веществ таких, как продукты окисления и коричневые пигменты.

2. Выявлено, что негидратируемые фосфатидные кислоты, а также немомыляемые липиды, выделенные из гидратированных кукурузных масел, практически не оказывают влияния на степень ассоциации сопутствующих липидов в

системах «смесь свободных жирных кислот - негидратируемые фосфатидные кислоты — модельное масло» и «смесь свободных жирных кислот - неомыляемые липиды - модельное масло».

3. Впервые установлено, что присутствие продуктов окисления приводит к увеличению степени ассоциации сопутствующих ТАГ липидов в системе «смесь свободных жирных кислот - продукты окисления - модельное масло». Установлено взаимное влияние сопутствующих ТАГ липидов на степень их ассоциации в системе «смесь свободных жирных кислот - негидратируемые фосфатидные кислоты - неомыляемые липиды - продукты окисления - модельное масло».

4. Впервые выявлено, что метод механохимической активации позволяет снизить степень ассоциации молекул сопутствующих ТАГ липидов, выделенных из гидратированного кукурузного масла, в модельных системах, что подтверждается снижением межфазного натяжения реальной системы - гидратированного кукурузного масла, обработанного в МХА, на границе раздела фаз с водой.

5. Показано, что обработка системы «комплекс сопутствующих ТАГ липидов - модельное масло» в механохимическом активаторе при частоте вращения вала МХА, соответствующем  $30 \text{ с}^{-1}$ , позволяет снизить степень ассоциации в указанной системе и, тем самым, повысить эффективность последующей щелочной нейтрализации.

6. Экспериментально обоснована эффективность применения для рафинации гидратированного кукурузного масла в качестве нейтрализующего реагента водного раствора силиката натрия концентрацией 250 г/л. Показано, что осуществление нейтрализации гидратированного кукурузного масла, предварительно обработанного в МХА, при температуре  $70^\circ\text{C}$  раствором силиката натрия концентрацией 250 г/л при избытке раствора 10% позволяет получать нейтрализованное масло с низким остаточным содержанием мыла, а также снизить степень омыления нейтрального жира.

Определены технологические режимы разделения системы «нейтрализованное кукурузное масло - soapсток» методом седиментации.

Показано, что полное удаление мыла из масла, нейтрализованного по разработанной технологии, может быть достигнуто при однократной его про-

мывке водой в количестве 10% к массе масла при температуре 90°C, что обеспечивает увеличение выхода масла за счет снижения отходов и потерь, а также снижение объема промывных вод по сравнению с традиционной технологией.

7. Разработана высокоэффективная технология - рафинации кукурузных масел с использованием в качестве нейтрализующего реагента раствора силиката натрия и метода механохимической активации, позволяющая получить рафинированное дезодорированное кукурузное масло с высокими потребительскими свойствами при большем выходе, а также увеличить сроки его хранения.

Разработаны технологическая инструкция (ТИ 9146-022-02067862-2003) и технологический регламент (ТР 9146 023-02067862-2003) на производство рафинированных дезодорированных кукурузных масел.

8. На основании медико-биологических исследований рафинированных дезодорированных кукурузных масел, полученных по разработанной технологии, установлено, что они обладают выраженными гипохолестеринемическими, гиполипидемическими и антиоксидантными свойствами.

9. Разработанная технология проверена в промышленных условиях и принята к внедрению на Краснодарском экспериментальном маслозаводе во II квартале 2004 г.

Экономический эффект от внедрения при переработке 2000 т в год гидратированных кукурузных масел составит более 800 тыс. руб.:

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Степень ассоциации жирных кислот в неполярных растворителях (Соавторы: Герасименко Е.О., Бабушкин А.Ф.; Корнена Е.П. и др.) /7/ Масложирная промышленность. 2003.-№ 2. С.29

2. Влияние механохимической активации на устойчивость модельных систем «фосфолипиды - триацилглицерины». (Соавторы: Ксенофонтов А.В., Бабушкин А.Ф., Мартовщук Е.В., Коноваленкова Н.Е.) // Известия Вузов. Пищевая технология, 2003.-№ 2-3. С. 66 - 69.

3. Патент №2216577 Способ рафинации темноокрашенного нерафинированного растительного масла / Соавторы: Корнена Е.П., Мартовщук В.И. и др. Бюл. № 32, опубл. 20.11.2003г.

4. Патент №2216579 Способ и устройство для отделения соапстока от нейтрализованного растительного масла /Соавторы- Корнена Е.П., Артеменко И.П. и др.- Бюл. № 32, опубл. 20.11.2003г

5; Решение о выдаче патента РФ по заявке № 131021 Способ рафинации труднорафинируемого растительного масла /Соавторы: Коноваленкова Н.Е., Корнена Е.П. и др. Заявл. 13.05.2002.

6. Решение о выдаче патента РФ по заявке № 131032 Способ рафинации кукурузного масла /Соавторы: Корнена Е.П., Мартовщук В.И. и др; Заявл. 20.06.2002.

7. Совершенствование технологии рафинации кукурузного масла с применением метода механохимической активации. (Соавторы: Мартовщук В.И., Коноваленкова Н.Е.) //Тез. докл. Международной конференции «Масложирова промышленность и ее влияние на пищевую индустрию», г. С-Петербург, 14-15 ноября 2001г., С. 21.

8. Разработка технологии рафинации кукурузного масла с применением метода механохимической активации. (Соавторы: Мартовщук В.И., Коноваленкова Н.Е.) // Тез. докл. Международной научно-практической конференции «Пищевые продукты XXI века», г. Москва, 21-23 ноября 2001г., т. 2, С. 236.

9. Высокоэффективная технология рафинации кукурузного масла. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е., Корнена Е.П., Хир Аллах Ясер) // Материалы VIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития пищевой промышленности и стандартизации пищевых продуктов», г. Москва, 23-24 апреля 2002г. т. 2. С.15-16.

10. Применение методов механохимической и электромагнитной активации для рафинации кукурузного масла. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е., Корнена Е.П., Хир Аллах Ясер) // Материалы III. Международная научно-техническая конференция «Техника и технология пищевых производств», г. Могилев, Беларусь, 24-26 апреля 2002г.

11. Новая технология рафинации растительных масел. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е., Мартовщук В.И., Хир Аллах Ясер) // Материалы II Международной конференции «Масложирова комплекс России. Новые аспекты», г. Москва, 3-6 июня 2002, С.157.

12. Современная технология гидратации кукурузного масла. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е., Бабушкин А.Ф.) // Тез. докл. Международной научно-



практической конференции «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства», г. Челябинск, 2-3 апреля 2003.

13. Особенности гидратации кукурузного масла. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е.) // Тез. докл. Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства-хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», г. Воронеж, 12-14 апреля 2003.

14. Рафинация кукурузного масла с применением методов физико-химических воздействий. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е.) // Тез. докл. Международной научно-практической конференции «Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», г. Воронеж, 12-14 апреля 2003.

15. Применение современных методов физико-химического воздействия на примере рафинации кукурузного масла. (Соавторы: Коноваленкова Н.Е.) // Тез. докл. III Межрегиональной научно-практической конференции «Региональные производители: их место на современном рынке товаров и услуг», г. Красноярск, 18 апреля 2003.

16. Кукурузное масло, обладающее гипохолестеринемическими свойствами (Соавторы: Мартовшук Е.В., Калманович С.А. и др) // Заявка №131708 на изобретение на патент РФ;

17. Кукурузное масло, обладающее антиоксидантными свойствами (Соавторы: Мартовшук Е.В., Калманович С.А. и др) // Заявка №131715 на изобретение на патент РФ.

18. Кукурузное масло, обладающее гиполлипидемическими свойствами (Соавторы: Мартовшук Е.В., Калманович С.А. и др) // Заявка №131735 на изобретение на патент РФ.





№ - 2632

Отпеч. ООО «Фирма Тамзи»  
Зак. № 92 тираж 100 экз. ф. А5,  
г. Краснодар, ул. Пашковская, 79  
Тел. 55-73-16