

На правах рукописи

Щербин Василий Владимирович



**БИОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА СМЕСЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ
МАСЕЛ НА ИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ И
ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ СТОЙКОСТЬ ПРИ ХРАНЕНИИ**

Специальность: 03.00.04 - Биохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание
учёной степени кандидата технических наук

Краснодар – 2005

Работа выполнена в Кубанском государственном технологическом университете

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Лобанов Владимир Григорьевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Проскуряков Марк Тихонович

кандидат технических наук
Никонович Сергей Николаевич

Ведущая организация: Северо-Кавказский филиал Всероссийского научно-исследовательского института жиров Россельхозакадемии

Защита состоится 19.05.2005 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.100.05 Кубанского государственного технологического университета по адресу 350072 г. Краснодар, ул. Московская, 2, корпус А, конференц-зал.

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

Автореферат разослан 18 апреля 2005 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, доцент



Минакова А Д

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

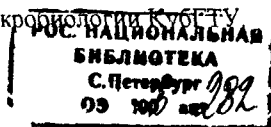
1.1 Актуальность темы Современная концепция здорового питания базируется на представлении о высокой биологической роли растительных масел, являющихся незаменимыми факторами питания, ценность которых для человека во многом определяется соотношением массовых долей незаменимых жирных кислот: линолевой (ω -6) и линоленовой (ω -3). Вместе с тем, присутствие в составе масел указанных жирных кислот снижает окислительную стойкость масел при хранении из-за быстрого накопления токсичных продуктов окисления.

Среди возможных способов получения метаболически полноценных, стойких к окислению растительных масел наиболее экономичным (по сравнению с направленной селекцией и генной инженерией) является создание смесей масел заданного жирнокислотного состава

К сожалению, приводимые в литературе оптимальные соотношения жирных кислот в пищевых растительных маслах достаточно противоречивы и, как правило, не содержат оценки рекомендуемых масел по биологической ценности и окислительной стойкости

В связи с этим, исследования посвященные биохимическому обоснованию жирнокислотного состава смесей метаболически активных растительных масел, отличающихся стойкостью к окислению при хранении и высокой биологической ценностью, являются актуальными и имеют теоретическое значение для биохимии липидов и прикладное для пищевой химии.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с НТП Минобразования РФ "Научные исследования высшей школы по технологии живых систем" (№ госрегистрации 1200004210) и тематикой НИР кафедры биохимии и технической микробиологии КубГУ



1.2. Цель работы Биохимическое обоснование влияния жирнокислотного состава смесей растительных масел на их биологическую ценность и окислительную стойкость при хранении

В соответствии с целью работы были определены основные задачи исследования:

- провести сравнительную оценку биологической ценности трех типов растительных масел подсолнечного линолевого типа, рапсового безэрукового и льняного высоколиноленового, отличающихся по массовой доле ω -3 и ω -6 жирных кислот в составе триацилглицеролов,
- изучить влияние адсорбционной очистки на биологическую ценность и устойчивость к окислительным воздействиям исследуемых масел при ускоренном окислении и оценить поглотительную ёмкость сорбента к продуктам окисления липидов в обрабатываемых маслах,
- теоретически и экспериментально обосновать количественные соотношения между отдельными видами исследуемых масел и жирными кислотами в их составе при создании рецептур двухкомпонентных смесей растительных масел с высокой биологической ценностью и окислительной стойкостью, оптимизированных по соотношению ω -3 к ω -6 ПНЖК,
- предложить компьютерную программу для расчета рецептур смесей масел с заданным жирнокислотным составом высокой биологической ценности и стойкости к окислению,
- оценить органолептические и физико-химические показатели оптимизированных смесей масел, изучить их устойчивость к окислительным воздействиям при хранении,
- разработать усовершенствованный метод определения относительной биологической ценности растительных масел и их смесей с использованием тест-организма *Тетрахимена пириформис*,

- теоретически объяснить изменение биологической ценности и окислительной стойкости исследуемых масел при включении их в состав оптимизированных смесей, сбалансированных по жирнокислотному составу

1.3 Научная новизна Впервые количественно определена биологическая ценность смесей растительных масел, оптимизированных по соотношению ω -3 и ω -6 жирных кислот. Установлено, что смешивание масел с целью оптимизации соотношения жирных кислот повышает их биологическую ценность по сравнению с исходными маслами. Установлено, что наибольшей относительной биологической ценностью обладают масла с соотношением ω -3: ω -6 жирных кислот равным 1:10 и массовой долей олеиновой кислоты 40-50%.

Установлено, что смешивание повышает окислительную стойкость оптимизированных по соотношению ω -3 и ω -6 кислот смесей рапсового и подсолнечного масел и снижает окислительную стойкость смесей масел льняного и подсолнечного, по сравнению с исходными индивидуальными маслами.

Установлено, что при создании смесей из растительных масел, содержащих в группе сопутствующих липидов преимущественно α -токоферолы, могут быть использованы только масла с низкой степенью окисленности.

1.4 Практическая значимость В результате проведенных исследований разработаны рецептуры двухкомпонентных смесей масел, оптимизированных по соотношению жирных кислот ω -3 ω -6 и имеющих повышенную биологическую ценность. Разработана компьютерная программа для расчёта рецептур смесей масел, оптимизированных по жирнокислотному составу.

Усовершенствован способ определения относительной

биологической ценности растительных масел с использованием тест-организма *Тетрахимена пириформис*

Разработан усовершенствованный способ адсорбционной подготовки к смешиванию нерафинированных растительных масел, с целью снижения содержания в них первичных и вторичных продуктов окисления, улучшения органолептических свойств. Определены оптимальные параметры адсорбционной обработки масел перед созданием смесей. Предложена принципиальная схема получения смесей масел оптимизированных по жирнокислотному составу, на основе растительных масел, получаемых на малотоннажных прессовых линиях. Разработанный способ позволяет увеличить сроки допустимого хранения масел, и применим в условиях производства масел на малотоннажных прессовых линиях.

Способ адсорбционной подготовки масел к смешиванию внедрен на ООО «Южный полюс». Результаты внедрения подтвердили разработанные рекомендации и параметры адсорбционной подготовки масел при составлении оптимизированных по жирнокислотному составу смесей масел.

1.5 Апробация работы Основные результаты диссертационной работы были доложены на научно-методических семинарах кафедры биохимии и технической микробиологии КубГТУ (2002-2005), на пятой региональной научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2003), на третьей межрегиональной научно-практической конференции «Региональные производители их место на современном рынке товаров и услуг» (Красноярск, 2003), на международной конференции «Функциональные продукты питания гигиенические аспекты и безопасность» (Краснодар, 2003).

1.6 Публикации По результатам диссертационной работы опубликованы 3 статьи в научных журналах и 3 тезиса в сборниках трудов научных конференций различного уровня

1.7 Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, аналитического обзора литературы, методической части, 6 глав экспериментальной части, выводов и списка литературы. Основная часть работы изложена на 112 страницах компьютерного текста и содержит 18 таблиц и 15 рисунков. Список публикаций включает 127 научных публикаций российских и 46 зарубежных авторов

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили образцы рафинированных и нерафинированных подсолнечного, льняного и рапсового масел, выработанные на промышленных предприятиях Краснодарского края - ЗАО КЭМЗ, на малотоннажной прессовой линии ООО «Марьянское» и произведённые ООО «Эколен» (г. Тверь), а также полученные прессовым способом из семян в лабораторных условиях

При проведении экспериментальных исследований использовали стандартные методики оценки качества растительных масел, рекомендуемые ВНИИЖиров, и современные инструментальные методы физико-химического анализа

Определение относительной биологической ценности растительных масел проводили по усовершенствованной нами методике ВАСХНИИЛ с использованием в качестве тест-организма *Тетрахимены* лириформис в среде, содержащей кроме исследуемых масел и их смесей стандартный белок – казеин, что позволило повысить точность и воспроизводимость результатов

Исследуемые растительные масла перед включением в смесь подвергали обработке адсорбентом в количестве 1–3%. Обработку проводили при 20°C в течение 60 минут при постоянном перемешивании. Адсорбент удаляли центрифугированием. В качестве адсорбента использовали Зикеевскую опоку (ЗАО «Сорбент» г. Калуга).

Оценку экспериментальных данных проводили с использованием современных методов расчёта статистической достоверности результатов измерений.

2.2 Создание смесей растительных масел оптимального жирнокислотного состава на основе традиционных растительных масел. Относительная биологическая ценность исходных масел

Исходя из необходимости создания смесей оптимального состава со сбалансированным жирнокислотным составом по соотношению полиненасыщенных жирных кислот семейств ω -3 ω -6 из отечественных промышленных растительных масел и основываясь на рекомендациях диетологов, нами были разработаны двухкомпонентные рецептуры растительных масел, оптимизированные по соотношению полиненасыщенных жирных кислот ω -3 ω -6 как 1:5 лечебно-профилактического и 1:10 профилактического назначения:

- смесь подсолнечного и рапсового масел с соотношением ПНЖК семейств ω -3 к ω -6, равным 1:5 и 1:10 (смеси ПР-1:5 и ПР-1:10);
- смесь подсолнечного и льняного масел с соотношением ПНЖК семейств ω -3 к ω -6, равным 1:5 и 1:10 (смеси ПЛ-1:5 и ПЛ-1:10).

Подсолнечное масло служило источником линолевой кислоты, а рапсовое и льняное – источником α -линоленовой кислоты. Учитывалось, что рапсовое масло содержит также значительные количества олеиновой кислоты.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав исследуемых масел и их относительная биологическая ценность

Образец	Массовая доля ПНЖК, %			Соотношение Кислот ω -3: ω -6	ОБЦ, %
	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}		
Подсолнечное масло	14,1	70,9	0	-	100
Рапсовое масло	57,4	21,3	10,4	1:2,05	82
Льняное масло	18,3	15,9	58,9	1:0,27	76

Как видно из таблицы 1 относительная биологическая ценность (ОБЦ) сравниваемых растительных масел различна и зависит от их жирнокислотного состава. Самую низкую биологическую ценность имеет льняное масло, которое содержит значительные количества α -линоленовой кислоты, рапсовое масло имеет несколько большую биологическую ценность, а подсолнечное масло имеет наибольшую биологическую ценность.

Двухкомпонентные смеси растительных масел со сбалансированным соотношением ПНЖК семейств ω -3 и ω -6 создавали, используя созданную нами компьютерную программу и решая экстремальные задачи с линейными неотрицательными ограничениями на переменные количества исходных масел в смеси. В результате реализации программы и решения уравнений зависимости вида смеси и заданного соотношения ПНЖК семейств ω -3 и ω -6 были установлены доли растительных масел в двухкомпонентной смеси (таблица 2).

Таблица 2 – Доли масел в двухкомпонентных смесях, оптимизированных по соотношению ПНЖК семейств ω -3 и ω -6

Соотношение ω-3.ω-6 ПНЖК в смеси	Подсолнечно-рапсовое		Подсолнечно-льняное	
	Массовая доля отдельных масел в смеси, %			
	Подсолнечное	Рапсовое	Подсолнечное	Льняное
1.5	21	79	79	21
1:10	54	46	89	11

Массовые доли ПНЖК семейств ω -3 и ω -6 и их соотношение для полученных смесей приведены в таблице 3

Таблица 3 - Массовые доли ПНЖК семейств ω -3 и ω -6 и их соотношение в смесях масел.

Смесь масел	Массовая доля ПНЖК, %			Соотношение ω -3: ω -6
	C _{18 1}	C _{18 2}	C _{18 3}	
Смесь ПР-1:5	44,8	35,7	7,4	1.4,83
Смесь ПР-1.10	34,0	48,1	4,8	1.10,05
Смесь ПЛ-1:5	15	59,4	12,4	1:4,80
Смесь ПЛ-1.10	14,6	64,9	6,5	1 10,01

Как видно из таблицы 3, полученные смеси имеют сбалансированный жирнокислотный состав, в отличие от индивидуальных растительных масел

2.3 Применение адсорбционной подготовки нерафинированных масел к купажированию для повышения их окислительной стойкости. Баланс сорбированных продуктов

Главными недостатками нерафинированных масел, вырабатываемых на малотоннажных прессовых линиях, используемых в качестве основы для создания смесей масел, является низкая окислительная стойкость при хранении и неудовлетворительные органолептические показатели. Поэтому для улучшения качества масел нами была применена их адсорбционная обработка Зикеевской опокой.

Выбор условий адсорбционной обработки был ограничен возможностями её осуществления в условиях малотоннажных прессовых линий, перерабатывающих масличные семена. Рекомендуемая продолжительность адсорбционной обработки определялась по величинам перекисных чисел и массовой доле каротиноидов в маслах.

Было установлено, что зависимость перекисного числа и содержания каротиноидов от количества адсорбента и продолжительности его контакта с маслом имеет нелинейный характер. Поэтому, для определения ком-

плексного влияния действующих факторов был проведен 2-х факторный эксперимент. В качестве факторов варьирования были выбраны количество адсорбента и продолжительность адсорбционной обработки рапсового масла, как наиболее трудно поддающегося рафинации, а в качестве функции отклика – перекисное число масла и массовая доля каротиноидов

В результате было получено множество значений, представленных на рисунках 1 и 2.

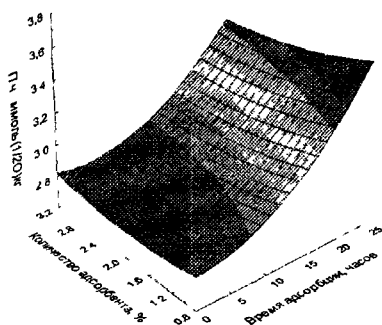


Рисунок 1 – Зависимость перекисного числа в рапсовом масле от количества адсорбента и времени адсорбции.

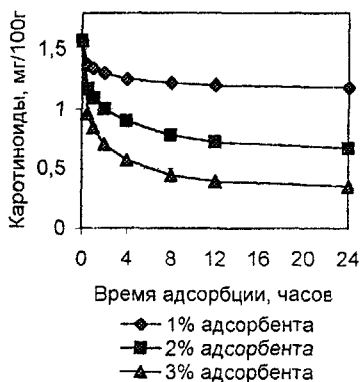


Рисунок 2 – Зависимость массовой доли каротиноидов в рапсовом масле от времени адсорбции

Уравнение регрессии второго порядка, характеризующее зависимость перекисного числа масла, от времени адсорбции и количества адсорбента имеет вид:

$$\text{П.ч.} = 2,897 + 0,0059 \cdot x - 0,1296 \cdot y + 0,0012 \cdot x^2 - 0,0048 \cdot x \cdot y + 0,0331 \cdot y^2 \quad (1),$$

Зависимость массовой доли каротиноидов в исследуемом масле от времени можно представить в виде логарифмических зависимостей

$$\text{Каротиноиды} = 1,3364 - 0,1175 \cdot \log_{10}(x) \quad (2) \text{ – для 1\% адсорбента,}$$

$$\text{Каротиноиды} = 1,055 - 0,2747 \cdot \log_{10}(x) \quad (3) \text{ – для 2\% адсорбента,}$$

$$\text{Каротиноиды} = 0,8203 - 0,3779 \cdot \log_{10}(x) \quad (4) \text{ – для 3\% адсорбента}$$

Выявлено, что, исходя из значения перекисного числа, оптимальной продолжительностью адсорбции является промежуток времени от 1 до 8 часов, однако, принимая во внимание интенсивное снижение массовой доли каротиноидов в масле при увеличении времени адсорбции и опасность приобретения маслом «землистого» привкуса и запаха, нами была выбрана продолжительность обработки 60 минут.

Изменение основных химических показателей исследуемых масел при неизотермической адсорбционной обработке приведено в таблице 4

Таблица 4 – Влияние вида и количества вводимого адсорбента на основные качественные показатели льняного и рапсового масел

Вид масла	Количество адсорбента, %	П.ч., ммоль(1/2O)/кг	К.ч., мгКОН/г	K ₂₃₂	K ₂₆₈	Токоферолы, мг/100г	Хлорофиллы, мг/100г	Каротиноиды, мг/100г
Подсолнечное	0	6,64	2,70	0,378	0,074	92,7	9,89	0,61
	1	6,73	2,67	0,355	0,060	86,1	6,40	0,45
	2	6,52	2,63	0,338	0,055	83,5	5,21	0,39
	3	6,17	2,60	0,317	0,051	81,4	5,03	0,34
Льняное	0	0,98	2,94	0,275	0,054	74,5	28,4	1,14
	1	1,05	2,9	0,262	0,047	68,3	17,6	1,08
	2	0,93	2,65	0,255	0,04	63,8	13,1	0,96
	3	0,82	2,59	0,251	0,036	62,2	9,2	0,83
Рапсовое	0	0,92	0,55	0,161	0,018	103,7	37,1	1,57
	1	1,14	0,48	0,151	0,015	97,9	6,3	1,29
	2	1,11	0,46	0,145	0,013	94,5	4,6	0,99
	3	1,00	0,46	0,141	0,012	92,5	2,1	0,70

Как видно из таблицы 4 под влиянием адсорбционной обработки в масле происходит:

- интенсивное снижение содержания каротиноидов и хлорофиллов,
- снижение содержания токоферолов,

- относительно небольшое снижение кислотного числа масел;
- незначительное увеличение перекисного числа при обработке масла 1% адсорбента и снижение перекисных чисел при увеличении количества адсорбента;
- снижение содержания вторичных продуктов окисления в масле

При увеличении количества вводимого сорбента произошло улучшение органолептических показателей: снизилась цветность масел, исчезли неприятные вкус и запах, в том числе у рапсового и льняного масел

Как следует из таблицы 4, перекисные числа масел увеличиваются при обработке 1% адсорбента. Это может быть результатом развития окислительных процессов на поверхности сорбента при внесении его в масло. При увеличении количества вводимого адсорбента сорбция перекисных соединений происходит быстрее, чем их окисление.

Для характеристики компонентов, удаляемых из масла сорбентом, их экстрагировали из отработанного сорбента хлороформом. При увеличении количества вводимого адсорбента снижались значения перекисных чисел и коэффициентов поглощения в ультрафиолетовой области экстрактов масел. Также следует отметить, что масла, выделенные из сорбента, имели большие перекисные числа и коэффициенты поглощения при длинах волн 232 и 268 нм, чем масло до и после обработки сорбентом.

Анализ полученных данных показал, что только масла с низкой степенью окисленности могут быть эффективно очищены от перекисных продуктов окисления уже при обработке 1-2 % адсорбента, маслам с высоким П.ч. необходимо 3 % адсорбента от массы масла.

2.4 Определение биологической ценности индивидуальных масел и их смесей по усовершенствованному методу

При определении относительной биологической ценности

растительных масел мы применяли стандартную методику ВАСХНИИЛ с использованием тест-организма Тетрахимена пириформис применительно к безбелковой среде. Однако, низкая воспроизводимость и неудовлетворительная сходимость результатов, получаемых при использовании в качестве субстрата растительных масел, потребовала модернизации методики. Поэтому в дальнейшем определение относительной биологической ценности проводили с введением в состав питательной среды стандартного белка – казеина. Это позволило провести достоверную оценку относительной биологической ценности растительных масел.

Зависимость биологической ценности исследуемых масел дозы вводимого сорбента приведена на рисунке 3

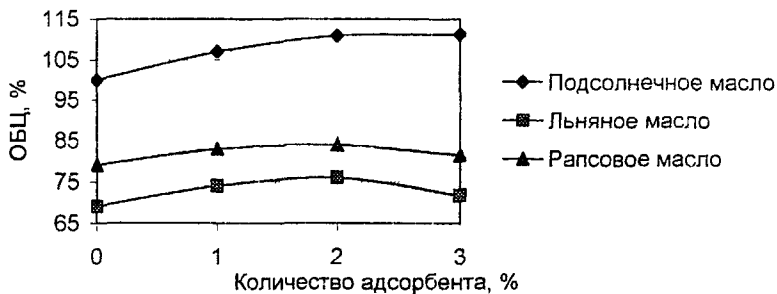


Рисунок 3 – Изменение биологической ценности исследуемых масел в зависимости от дозы адсорбента

Как видно из рисунка 3 для рапсового и льняного масел зависимость ОБЦ от количества адсорбента имеет максимум при вводе от 1 до 2% адсорбента; при дальнейшем увеличении количества вводимого адсорбента ОБЦ снижалась. Это может быть объяснено выводом из масел физиологически ценных веществ, таких как фосфолипиды, токоферолы, каротиноиды и стерины. Рост ОБЦ подсолнечного масла при увеличении количества вводимого адсорбента может быть объяснён высокой

начальной степени окисленности масла Биологическая ценность подсолнечного масла увеличивалась при увеличении количества адсорбента, в результате вывода продуктов окисления из масла

Значения ОБЦ смесей масел оптимального состава, определённые опытным путём, оказались более высокими, чем значения рассчитанные по ОБЦ индивидуальных масел:

$$\text{ОБЦ}_{\text{смеси}} = \sum_{i=1}^2 \text{ОБЦ}_i \cdot X_i,$$

где $i = 1; 2$ – количество компонентов в смеси,

X_i – содержание i -того масла;

ОБЦ_i – относительная биологическая ценность i -того масла

В таблице 5 представлены результаты определения относительной биологической ценности смесей растительных масел

Таблица 5 – Относительная биологическая ценность смесей растительных масел

Образец	ОБЦ, %	
	Расчётное значение	Фактическое значение
Смесь ПР-1:5	92,4	121,8
Смесь ПР-1:10	99,6	138,2
Смесь ПЛ-1:5	108,7	123,2
Смесь ПЛ-1:10	104,8	131,1

Как видно из таблицы 5 для всех образцов смесей масел значения ОБЦ, рассчитанные по массовым долям масел в смеси ниже фактических, что свидетельствует о синергическом влиянии компонентов масел на биологическую ценность смеси.

ОБЦ зависит от массовой доли компонентов в смесях масел (рисунок 4)

Как видно на рисунке 4 наименьшей биологической ценностью обладают индивидуальные масла в результате несбалансированности их жирнокислотного состава по соотношению ПНЖК семейств ω -3 и ω -6 высокого содержания в рапсовом и льняном масле α -линоленовой кислоты

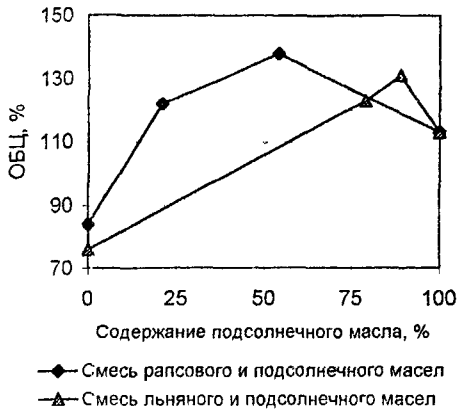


Рисунок 4 - Зависимость ОБЦ смесей рапсового и подсолнечного масла от массовой доли компонентов в смеси.

и её отсутствия в подсолнечном масле Разработанные смеси ПЛ-1:5 и ПР-1:5 имеют более высокую относительную биологическую ценность, чем индивидуальные масла Наибольшей биологической ценностью обладают смеси ПР-1:10 и ПЛ-1:10, что может быть объяснено оптимальным соотношением ω -3: ω -6 ПНЖК, равным 1:10 и снижением содержания α -

линоленовой кислоты до рекомендованного диетологами уровня.

Различие ОБЦ смесей масел обусловлено различным содержанием олеиновой кислоты в данных смесях с разным компонентным составом

Выявленная нами зависимость биологической ценности растительных масел не только от соотношения ω -3 к ω -6 ПНЖК, но и от содержания в них олеиновой кислоты потребовала проверки путем проведения эксперимента по определению комплексного влияния трёх жирных кислот на биологическую ценность масел (рисунок 5). Как видно из полученных данных на

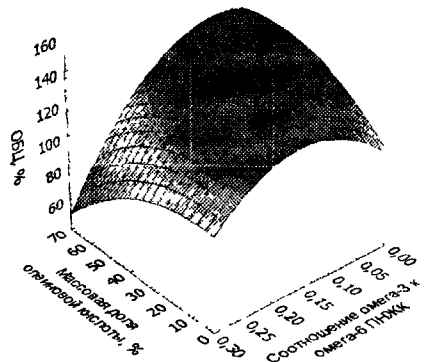


Рисунок 5 - Зависимость ОБЦ масел от массовой доли олеиновой кислоты и соотношения ω -3 к ω -6 ПНЖК

биологическую ценность масел в большей степени оказывает влияние соотношение ω -3 к ω -6 ПНЖК, чем массовая доля олеиновой кислоты. При увеличении соотношения ω -3 к ω -6 ПНЖК сверх оптимального биологическая ценность масел уменьшается, особенно это заметно при содержании олеиновой кислоты на уровне 60-70%. Неблагоприятное влияние на биологическую ценность оказывает также и отсутствие α -линоленовой кислоты в смеси при низком содержании олеиновой кислоты.

Максимальная относительная биологическая ценность масел была достигнута при соотношении ω -3 к ω -6 ПНЖК, равном 1.10 и содержании олеиновой кислоты на уровне 40-55%, что достоверно коррелирует с литературными данными. И наоборот, минимальную биологическую ценность масла имеют при высоких массовых долях олеиновой и α -линолевой кислот.

В общем виде зависимость ОБЦ масел от массовой доли олеиновой кислоты (X) и соотношения ω -3 к ω -6 ПНЖК (Y) можно представить в следующем виде:

$$\text{ОБЦ} = 96,8871 + 1,4587 \cdot x + 405,4407 \cdot y - 0,013 \cdot x^2 - 4,1787 \cdot x \cdot y - 1320,4217 \cdot y^2$$

2.5 Определение стойкости к окислению индивидуальных растительных масел

Было изучено влияние адсорбционной обработки на окислительные процессы в исследуемых маслах с использованием метода ускоренного старения. Кинетику окисления оценивали по приращению перекисных чисел масел.

Для подсолнечного масла выявлено снижение окислительной стойкости в ходе хранения, вызванное адсорбционной обработкой. Увеличение количества адсорбента приводило к увеличению интенсивности окисления. Зависимость перекисных чисел подсолнечного

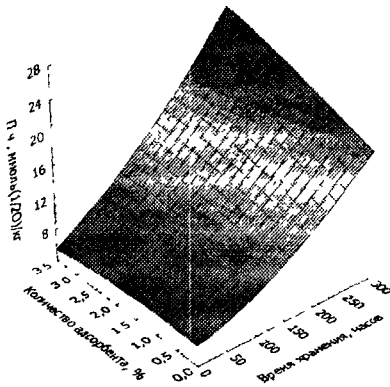


Рисунок 6 - Изменение перекисного числа подсолнечного масла в процессе хранения

продуктов окисления, а определяется количеством свободных радикалов в масле. Иницирование окисления могло произойти из-за растворения в масле кислорода, вводимого с адсорбентом.

Как следует из полученных данных (рисунок 7) в результате адсорбционной обработки интенсивность окислительных процессов в льняном масле при хранении снижается, что может быть объяснено адсорбцией окисленных продуктов - инициаторов окисления. Индукционный период окисления увеличился с 48 часов для исходного масла до 67 часов для масла, обработанного 2 %

масла от количества адсорбента и продолжительности хранения масел представлена на рисунке 6

Снижение окислительной стойкости подсолнечного масла после ввода адсорбента помимо сорбции ингибиторов окисления может быть результатом высокой начальной степени окисленности масла, при которой скорость окислительных процессов уже практически не зависит от присутствия различных

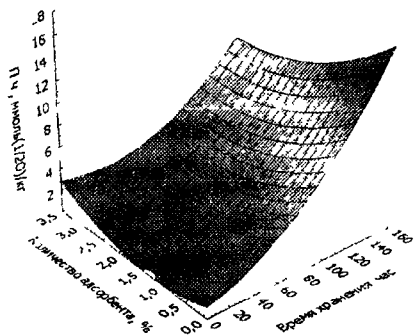


Рисунок 7- Изменение перекисного числа льняного масла в процессе хранения

адсорбента. Наименьший рост перекисного числа льняного масла наблюдали при вводе 2-2,5 % адсорбента. Дальнейшее увеличение количества вводимого адсорбента вызывало снижение окислительной стойкости масла из-за адсорбции присутствующих в масле природных ингибиторов окисления избытком адсорбента.

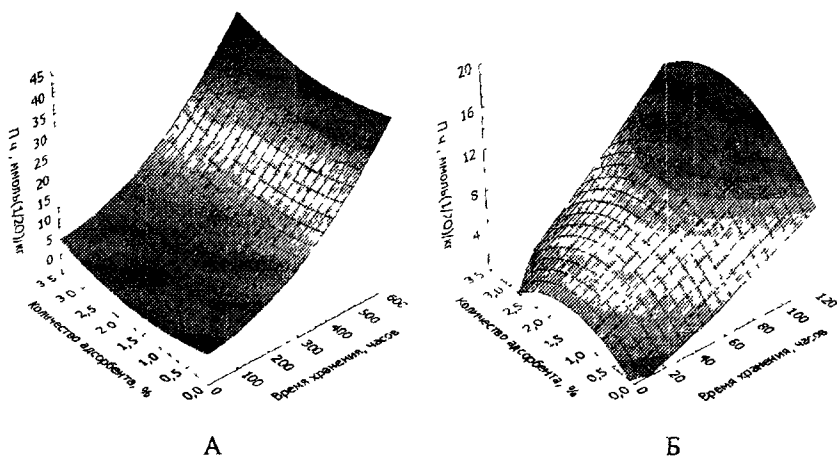


Рисунок 8 – Кинетика окисления рапсового масла в процессе ускоренного окисления А – обработанного Зикеевской опокой, Б – чешской отбелной землей

Для выяснения влияния вида вводимого адсорбента применили обработку масел чешской отбелной землей. Как следует из рисунка 8, обработка чешской отбелной землей вызывала в рапсовом масле интенсивное развитие окислительных процессов. Обработка Зикеевской опокой, сопровождалась более медленным ростом окислительных процессов. Оптимальное количество адсорбента – 2% от массы масла, при вводе 1 или 3% адсорбента окислительная стойкость рапсового масла снижалась и уже к 10 дню хранения Пч масла обработанного и не обработанного адсорбентом сравнялись.

Для оценки влияния присутствия в масле природных антиоксидантов изучали кинетику окисления подсолнечного дезодорированного масла. Сравнение кинетики окисления обработанных сорбентом масел и кинетики окисления дезодорированного подсолнечного масла – показало, что подсолнечное дезодорированное масло является наиболее стойким при хранении. Так, при практически одинаковом значении перекисных чисел и высоком содержании токоферолов в обработанном сорбентом рапсовом масле, подсолнечное дезодорированное окислялось заметно медленнее. Возможно, это обусловлено присутствием различных проокислителей в нерафинированном рапсовом масле и их отсутствием в подсолнечном масле, прошедшем многоступенчатую очистку.

2.6 Кинетика окисления двухкомпонентных смесей растительных масел

Для определения кинетики окислительных процессов при хранении смесей масел, оптимизированных по жирнокислотному составу, рассчитывали значения их перекисных чисел по перекисным числам индивидуальных масел, хранившихся в тех же условиях

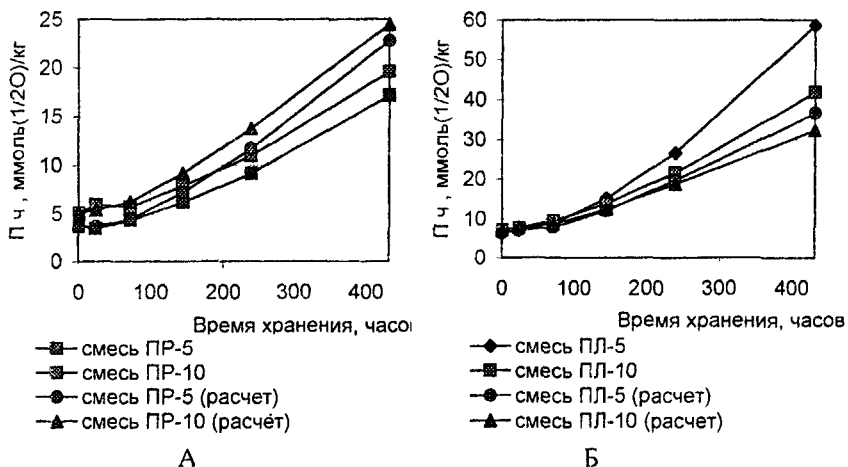


Рисунок 9 – Кинетика окисления смесей масел: А - рапсового и подсолнечного масел; Б - льняного и подсолнечного масел.

Как видно на рисунке 10 для смесей подсолнечного и льняного масел фактическое значение перекисного числа уже через 250 часов хранения оказалось выше расчётного. Для смесей рапсового и подсолнечного масел перекисные числа на этот период хранения были ниже расчетных значений.

Таблица 6 – Перекисные числа смесей растительных масел после 10 и 18 дней хранения

Смесь	10 дней хранения		18 дней хранения	
	П.ч. фактическое, ммоль($\frac{1}{2}$ O)/кг	П.ч. расчетное, ммоль($\frac{1}{2}$ O)/кг	П.ч. фактическое, ммоль($\frac{1}{2}$ O)/кг	П.ч. расчетное, ммоль($\frac{1}{2}$ O)/кг
Смесь ПР-1·5	9,14	11,68	17,14	22,77
Смесь ПР-1·10	10,91	13,8	19,58	24,46
Смесь ПЛ-1·5	26,66	19,67	58,67	36,66
Смесь ПЛ-1·10	21,46	18,74	41,89	32,33

Как видно из таблицы 6 смеси рапсового и подсолнечного масел оказались более устойчивыми при хранении, чем для них было рассчитано по индивидуальным маслам. По-видимому это может быть объяснено жирнокислотным составом смеси и синергическим действием токоферолов присутствующих в рапсовом и подсолнечном маслах. В противоположность этому смеси льняного и подсолнечного масел имели меньшую окислительную стойкость чем рассчитанные по исходным маслам. По-видимому это связано с присутствием в смеси легкоокисляемой α -линоленовой кислоты.

Выводы:

1. Биологическая ценность растительных масел и их смесей определяется преимущественно их жирнокислотным составом, присутствие в масле токоферолов и каротиноидов, влияет на биологическую ценность в меньшей степени, но повышает стойкость масел к окислению.

2 На биологическую ценность масел в большей степени оказывает влияние соотношение ω -3 к ω -6 ПНЖК, чем массовая доля олеиновой кислоты. При увеличении соотношения ω -3 к ω -6 ПНЖК биологическая ценность масел уменьшается, особенно это заметно при содержании олеиновой кислоты на уровне 60-70%

3 Наибольшая биологическая ценность смесей масел наблюдается при соотношении ω -3 к ω -6 ПНЖК, равном 0,1 (1:10) и содержании олеиновой кислоты на уровне 40-55%

4 Окислительная стойкость растительных масел и их смесей обусловлена присутствием в их составе в первую очередь α -линоленовой кислоты и токоферолов. Снижение уровня α -линоленовой кислоты в смеси масел повышает их окислительную стойкость и увеличивает биологическую ценность из-за снижения содержания продуктов окисления. Окислительная стойкость масел растёт при увеличении доли токоферолов.

5 Показана эффективность сорбционной обработки нерафинированных масел, получаемых на малотоннажных прессовых линиях с целью повышения их биологической ценности и окислительной стойкости при хранении за счёт сохранения массовой доли токоферолов на исходном уровне. Исследование перешедших в сорбент липидов показало, что в сорбент переходят преимущественно вторичные продукты окисления жирных кислот. Эффективность адсорбционной очистки растительных масел возрастает, если масла до обработки имели низкую степень окисленности.

6 Показана возможность создания смесей растительных масел, оптимизированных по массовой доле незаменимых ω -3 и ω -6 жирных кислот, имеющих высокую биологическую ценность и стойкость к окислению.

7 Установлено, что индивидуальные растительные масла – подсолнечное, рапсовое, льняное – имеют меньшую биологическую ценность по сравнению с их смесями, оптимизированных по разработанному способу. Предложена усовершенствованная методика определения относительной биологической ценности растительных масел и их смесей.

8 С помощью разработанной компьютерной программы получены рецептуры двухкомпонентных смесей растительных масел, оптимизированных по соотношению незаменимых жирных кислот, из подсолнечного, рапсового и льняного масел и превосходящих исходные масла по биологической ценности.

9 Окислительная стойкость смесей подсолнечного и рапсового масел, оптимизированных по разработанному способу, превосходит стойкость исходных масел – компонентов смеси. В противоположность этому смеси подсолнечного и льняного масел – имеют меньшую окислительную стойкость, чем индивидуальные масла.

10 Разработанные рецептуры смесей растительных масел рекомендованы в качестве липидных компонентов продуктов для функционального питания.

Список публикаций по теме диссертации:

- 1 Лобанов В Г, Щербин В В. Оптимальный жирнокислотный состав пищевых растительных масел // Известия вузов Пищевая технология, 2003, № 4 – С. 21-23
2. Лобанов В Г, Щербин В В. Биологическая роль пищевых липидов // Известия вузов Пищевая технология, № 5-6, 2003 – С 26-28
- 3 Влияние адсорбционной очистки льняного масла на содержание продуктов окисления и гидролиза / В Г Лобанов, В Г Щербаков, М С

- Каракай, В В Щербин // Известия вузов Пищевая технология, № 5-6, 2004 – С. 26-28
- 4 Щербин В В, Лобанов В.Г Адсорбционная очистка растительных масел // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Тез докл пятой региональной науч.-практич конф молодых ученых 18-19 декабря 2003 г. – Краснодар, 2003 – С. 174.
 - 5 Щербин В В, Березовская О М, Лобанов В Г Создание купажированных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Функциональные продукты питания. гигиенические аспекты и безопасность: Тез. докл Международной конф 26-30 мая 2003 г – Краснодар, 2003. – С. 172-172.
 6. Щербин В В., Лобанов В Г Оптимальный жирнокислотный состав пищевых растительных масел // Региональные производители их место на современном рынке товаров и услуг: Тез докл. межрегиональной науч -практич конф. с международным участием 18 апреля 2003 г. – Красноярск, 2003, С. 224-225.

Подписано в печать 12.04.2005г. Зак. № 1151 Тираж 100

Лиц. ПД №10-47020 от 11.09.2000

Типография КубГТУ. 350058, Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4