

Республиканское унитарное предприятие  
«Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию»

УДК 615.322; 633.854.54

**ФЕСЬКОВА**  
Елена Владимировна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГНАНСОДЕРЖАЩЕЙ  
ФРАКЦИИ И МУКИ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО**

**Автореферат**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**по специальности 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и**  
**биологически активных веществ**

Минск, 2015

Научная работа выполнена в учреждении образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель: **Леонтьев Виктор Николаевич**, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой биотехнологии и биоэкологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Поляков Виктор Антонович**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии»

**Королева Лидия Михайловна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

Оппонирующая организация: Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»

Защита состоится «17» декабря 2015 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании совета по защите диссертаций К 01.55.01 при РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» по адресу: 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29, e-mail: info@belproduct.com, тел.: +375-17-294-35-31

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

Автореферат разослан «16» ноября 2015 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций,  
кандидат технических наук

А.А. Шепшелев

## ВВЕДЕНИЕ

Всемирная организация здравоохранения констатирует рост заболеваемости населения планеты онкологическими, сердечно-сосудистыми, воспалительными и другими заболеваниями, что объясняется резким снижением иммунитета. В связи с этим очевидна необходимость разработки и создания новых эффективных средств для профилактики и лечения патологий иммунной системы. Наиболее приемлемыми с точки зрения эффективности и мягкости действия следует считать препараты из растительного сырья. К традиционной национальной растительной культуре относится лен, а льняное семя является одним из самых богатых источников  $\alpha$ -линоленовой кислоты, пищевых волокон и лигнанов (наиболее ценным с точки зрения биологической активности и удельного содержания в семенах является секоизоларицирезинола диглюкозид (SDG) (Rickard S.E., Thompson L.U. Health effects of flaxseed mucilage, lignans. – Inform., 1997. – P. 860 – 865). Лигнаны обладают широким спектром биологической активности: являются мощными антиоксидантами, фитоэстрогенами, обладают противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами, повышают общий иммунитет.

В последние годы в Республике Беларусь в рамках ряда научно-технических программ выполнены исследования по селекции и интродукции сортов льна масличного, а также по увеличению стабильности льняного масла. Большой вклад в эти работы внесли академик Л.В. Хотылева, В.В. Титок, И.А. Голуб, В.А. Лемеш, О.И. Шадыро и другие. Традиционно отечественная переработка льняного семени заключалась в получении льняного масла, в то время как на фармацевтическом рынке таких стран, как Канада и США, представлены препараты, основным компонентом которых является лигнан SDG, выделенный из льняного семени. Поэтому исследования, направленные на создание отечественной технологии комплексной переработки семян льна масличного с возможностью получения не только льняного масла, но и других полезных продуктов, являются актуальными.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами.** Диссертационная работа выполнена в рамках Государственной программы развития сырьевой базы и переработки лекарственных и пряно-ароматических растений на 2005–2010 годы по заданию «Разработать технологию получения фитопрепарата на основе лигнанов, обладающего антиаллергенной и антиоксидантной активностью» (номер государственной регистрации 20065302); Отраслевой научно-технической программы «Научное обеспечение

развития льняной отрасли на 2003–2007 годы» по заданию «Создать высокопродуктивный сорт льна масличного пищевого назначения с оптимальным жирнокислотным составом масла»; Государственной программы по развитию импортозамещающих производств фармацевтических субстанций, готовых лекарственных и диагностических средств в Республике Беларусь на 2010–2014 годы и на период до 2020 года по заданию «Разработать технологию комплексной переработки семян льна с получением фитопрепарата, обладающего антиаллергенной активностью на основе льняного масла и лигнанов» (номер государственной регистрации 20103193). Тема исследования входит в Перечень приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006–2010 годы, утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь 17.05.2005 № 512, и соответствует пункту 3.16 «Биотехнология для промышленности, сельского хозяйства, медицины и охраны окружающей среды» и в Перечень приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19.04.2010 № 585, и соответствует пункту 2.2 «Биологически активные синтетические и природные соединения, биополимеры, биорегуляторы, аминокислоты и их производные, наноструктурированные белки, нуклеиновые кислоты и их компоненты».

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационной работы – разработать научно-обоснованную технологию переработки семян льна масличного с получением лигнансодержащей фракции и муки.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

– определить содержание лигнанов в семенах льна масличного разных сортов, осуществить отбор сортов, перспективных для Республики Беларусь по продуктивности, и установить в них содержание биологически активных компонентов (жирных кислот, токоферолов, белка, минеральных веществ);

– изучить процесс выделения оболочек семян льна масличного с высоким содержанием лигнанов;

– определить активность лигнансодержащей фракции из оболочек семян льна масличного по снижению опухолеобразования в легких мышей высокоракковой линии Af;

– разработать технологию получения лигнансодержащей фракции и муки льняной, а также ТНПА на их производство.

**Объект исследования:** биологически активные компоненты семян льна масличного и лигнансодержащая фракция.

**Предмет исследования:** процесс получения лигнансодержащей фракции и муки путем измельчения и фракционирования семян льна масличного.

### **Научная новизна:**

– впервые установлено, что желтые семена льна масличного сортов Gold Flax и Солнечный содержат в 1,4–1,7 раз лигнана SDG и в 1,4–1,9 раз  $\gamma$ -токоферола больше по сравнению с темносемянными сортами;

– впервые установлено, что полученная лигнансодержащая фракция из оболочек семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный может быть использована в качестве компонента биологически активной добавки к пище для профилактики ряда заболеваний;

– установлены технологические режимы измельчения и фракционирования семян льна, которые легли в основу технологии их переработки с получением лигнансодержащей фракции и муки.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Состав и содержание биологически активных веществ в семенах отобранного сорта льна масличного отечественной селекции Солнечный: лигнан SDG –  $(12,3 \pm 0,4)$  мг/г (в обезжиренной фракции), полиненасыщенные жирные кислоты – линолевая C18:2  $(14,93 \pm 0,18)$  % и  $\alpha$ -линоленовая C18:3  $(50,14 \pm 0,18)$  %,  $\gamma$ -токоферол –  $(13,80 \pm 0,12)$  мкг/г и  $\alpha$ -токоферол –  $(8,90 \pm 0,12)$  мкг/г, белок –  $(23,92 \pm 0,08)$  % (в семядолях с зародышем без оболочки), в зольном остатке фосфор –  $(37,74 \pm 0,15)$  %, калий –  $(32,35 \pm 0,15)$  %, магний –  $(14,82 \pm 0,06)$  % и кальций –  $(6,50 \pm 0,04)$  %.

2. Активность лигнансодержащей фракции из оболочек семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный, проявляющаяся в снижении частоты появления аденом в легких мышей высокоракковой линии Af на 24,4 %.

3. Технология получения лигнансодержащей фракции и муки из семян льна масличного с обоснованными технологическими параметрами: измельчение на ударно-центробежной мельнице с диаметром ротора по концам лопаток 450 мм при частоте вращения ротора 1380–1640 мин<sup>-1</sup> (зазор между кромками лопаток и отбойной поверхностью мельницы –  $(5 \pm 0,5)$  мм), просеивание измельченных семян через сита с диаметром отверстий 2 мм при добавлении  $(2 \pm 0,05)$  % диоксида кремния в качестве диспергирующего агента, дополнительное измельчение на молотковой мельнице и просеивание через сита с диаметром отверстий 0,4 мм.

**Личный вклад соискателя.** Соискатель лично проводила изучение научно-технической литературы по теме работы, принимала непосредственное участие в получении экспериментальных данных, составляющих основу диссертации, их анализе, обобщении и изложении материала настоящей работы. Исследования противоопухолевых свойств выполнены совместно с сотрудниками лаборатории психонейрофизиологии и проблем онкогенеза на базе ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси». Исследования химического состава компонентов льняного семени выполнены автором совместно с сотруд-

никами Центра физико-химических методов исследований учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет». Совместно с научным руководителем осуществлялось планирование экспериментов, анализ и обобщение полученных данных, критическое обсуждение результатов, оформление публикаций на их основе.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты исследований доложены на V Международной научной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений» (Минск, 28–30 ноября 2007 г.); Международной научно-практической конференции «Льноводство: реалии и перспективы» (Устье, Оршанский район, Витебская область, РУП «Институт льна», 25–27 июня 2008 г.); Всероссийском симпозиуме «Хроматография в химическом анализе и физико-химических исследованиях» (Москва - Клязьма, 23–27 апреля 2007 г.); III Международной научной конференции «Теоретические и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений» (Минск, 14–16 мая 2008 г.); XII Международной научно-практической конференции «Наукоемкие химические технологии - 2008» (Волгоград, 9–11 сентября 2008 г.); 71-й, 72-й, 73-й научно-технических конференциях БГТУ (Минск, учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», 2007, 2008, 2009 гг.); Международном симпозиуме, посвященном 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева, «Повышение ресурсо- и энергоэффективности: наука, технология, образование» (Москва, 23–24 апреля 2009 г.); конкурсе проектов молодых ученых в рамках 15-й Международной выставки химической промышленности и науки «Химия-2009» (Москва, 29 сентября 2009 г.); VI Московском международном конгрессе «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, 21–25 марта 2011 г.); V Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Химия и современные технологии» (Днепропетровск, 20–22 апреля 2011 г.); V Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» (Челябинск, 21–22 октября 2011 г.); IX Международной конференции «Ion Implantation and other Applications of Ions and Electrons – ION 2012» (Казимеж-Дольны, 25–28 июня 2012 г.); X Международной конференции «Medical physics in the Baltic States 2012» (Каунас, 8–10 ноября 2012 г.); XI Международной конференции «Medical physics in the Baltic States 2013» (Каунас, 10–12 октября 2013 г.); II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновации в здоровье нации» (Санкт-Петербург, 17–18 ноября 2014 г.).

**Опубликованность результатов диссертации.** По теме диссертационной работы опубликовано 20 печатных работ, в том числе 6 статей в рецензируемых научных журналах (объем – 1,88 авторских листа), 1 статья в научном журнале, 2 статьи в сборнике научных трудов, 4 – в материалах научных конференций, 7 – в тезисах докладов научных конференций. Разработаны и зарегистрированы

стрированы три технических условия на фракцию оболочек семян льна масличного, муку льняную и биологически активную добавку к пище «Лигнокапс».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 110 страницах и состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка, включающего 153 источника, в том числе 20 собственных публикаций соискателя, и 12 приложений. Работа содержит 34 рисунка и 10 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во *введении* обоснована актуальность темы диссертационной работы.

В *первой главе* диссертационной работы представлен обзор литературных данных о структуре, классификации и свойствах лигнанов, их природных источниках, биосинтезе и метаболизме, биологической активности и биодоступности. Проведен анализ научных данных о применении лигнанов для профилактики и лечения ряда заболеваний: рака молочной железы и простаты, сердечно-сосудистой болезни, туберкулеза кожи, диабета, а также влияние лигнанов на репродуктивные функции человека. Приведены результаты анализа литературы по антиаллергенной активности семян льна, обусловленной наличием  $\alpha$ -линоленовой кислоты. Рассмотрены современные способы выделения лигнанов из растительного сырья, применяемые в мировой практике, в частности из семян льна масличного, а также методы структурно-функционального анализа лигнанов. Обоснована необходимость разработки технологии получения лигнаносодержащей фракции и муки на основе переработки семян льна масличного.

Во *второй главе* описаны использованные в диссертационной работе объекты, материалы и методы исследований. Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

Выделение SDG из семян льна масличного проводили путем щелочного гидролиза его конъюгатов с последующей экстракцией органическими растворителями. Идентификацию и количественное определение SDG осуществляли методом ВЭЖХ-МС при помощи хроматомасс-спектрометра (Waters, США), оснащенного диодно-матричным и масс-детекторами с электроспрей ионизацией (ESI).

Для количественного определения жирно-кислотного состава липидов в семенах льна использовали метод, который заключался в кислотном гидролизе липидов с метилированием образующихся жирных кислот *in situ*. Определение жирно-кислотного состава липидов семян льна производили путем анализа метиловых эфиров жирных кислот методом газожидкостной хроматографии с использованием хроматографа HP-4890D (Hewlett Packard, США), оснащенного пламенно-ионизационным детектором.



**Рисунок 1. – Структурная схема исследований**

Содержание токоферолов в семенах льна определяли методом их экстракции этиловым спиртом и анализом с помощью жидкостного хроматографа (Shimadzu, Япония), оснащенного спектрофотометрическим детектором SPD-10A.

Оценку содержания общего белка в семенах льна масличного проводили с применением метода термогравиметрии (Титок В.В. [и др.] Способ определе-



ния содержания белка в семенах льна масличного. – Мн.: Нац. центр интеллектуал. собственности, 2010. С. 1–6). Термогравиметрический анализ проводили на термоанализаторе ТА-4000 (модуль ТГ-50) (Mettler Toledo Instruments, Швейцария) в интервале температур от 25 до 700°C при скорости нагревания 5°C/мин и расходе воздуха 200 мл/мин.

Качественный и количественный состав минеральных компонентов семян льна определяли в зольном остатке с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, оснащенного системой электронно-зондового энергодисперсионного химического анализа EDX JED-2201 (JEOL, Япония).

Определение противоопухолевой активности фитопрепарата на основе лигнанов (лигнансодержащей фракции) из семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный проводили на базе ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси». Использовали самок мышей высококорактовой линии Af 2–3-месячного возраста, которых в течение 1,5 месяцев кормили препаратом из оболочек семян льна, содержащим 1 % SDG. Противоопухолевую активность фитопрепарата на основе лигнанов изучали на модели индуцированного уретаном канцерогенеза.

Обработку результатов проводили с использованием методов математической статистики.

В *третьей главе* представлены результаты скрининга разных сортов льна масличного, предоставленных ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», по содержанию биологически активных веществ (таблица 1).

Таблица 1. – Удельное содержание SDG, содержание масла, жирных кислот и белка в семенах льна масличного

Сорт льна	Удельное содержание SDG в обезжиренной фракции, мг/г	Масло, %*	Линолевая кислота C18:2(n-6), %**	α-линоленовая кислота C18:3(n-3), %**	Белок, %*
Солнечный	12,3 ± 0,4	43,5	14,93	50,14	23,92
Atalante	11,1 ± 0,8	39,7	15,33	61,60	20,54
Blue Chip	6,9 ± 0,4	42,2	13,52	55,69	19,82
Cyan	9,9 ± 0,5	49,5	16,30	55,69	18,45
Gold Flax	14,4 ± 0,8	41,3	72,23	1,58	20,09
K-2398	8,4 ± 0,3	40,1	12,70	55,23	20,34
McGregor	10,2 ± 0,7	43,3	18,59	54,95	20,79
Omega	9,2 ± 0,2	41,3	16,65	54,83	20,65
Raluca	12,2 ± 1,3	42,5	13,66	56,61	19,07
Somme	8,9 ± 0,5	43,7	15,88	54,66	20,26
Vita	8,7 ± 0,7	38,9	16,52	55,67	20,43
K-6307	5,4 ± 0,2	39,2	14,29	54,1	19,16
HCP <sub>05</sub>	–	0,16	0,11	0,11	0,08

\* – процентное содержание в семенах льна масличного  
 \*\* – процентное содержание в масле

Критерием отбора сортов семян льна масличного для дальнейшей работы было удельное содержание SDG.

Идентификация хроматографического пика SDG на хроматограмме (рисунок 2, а) осуществлялась по регистрации электронных спектров поглощения компонентов каждого хроматографического пика. Электронный спектр поглощения компонента хроматографического пика с временем удерживания 14,92 мин имеет характерный для SDG максимум при 280 нм (рисунок 2, б).

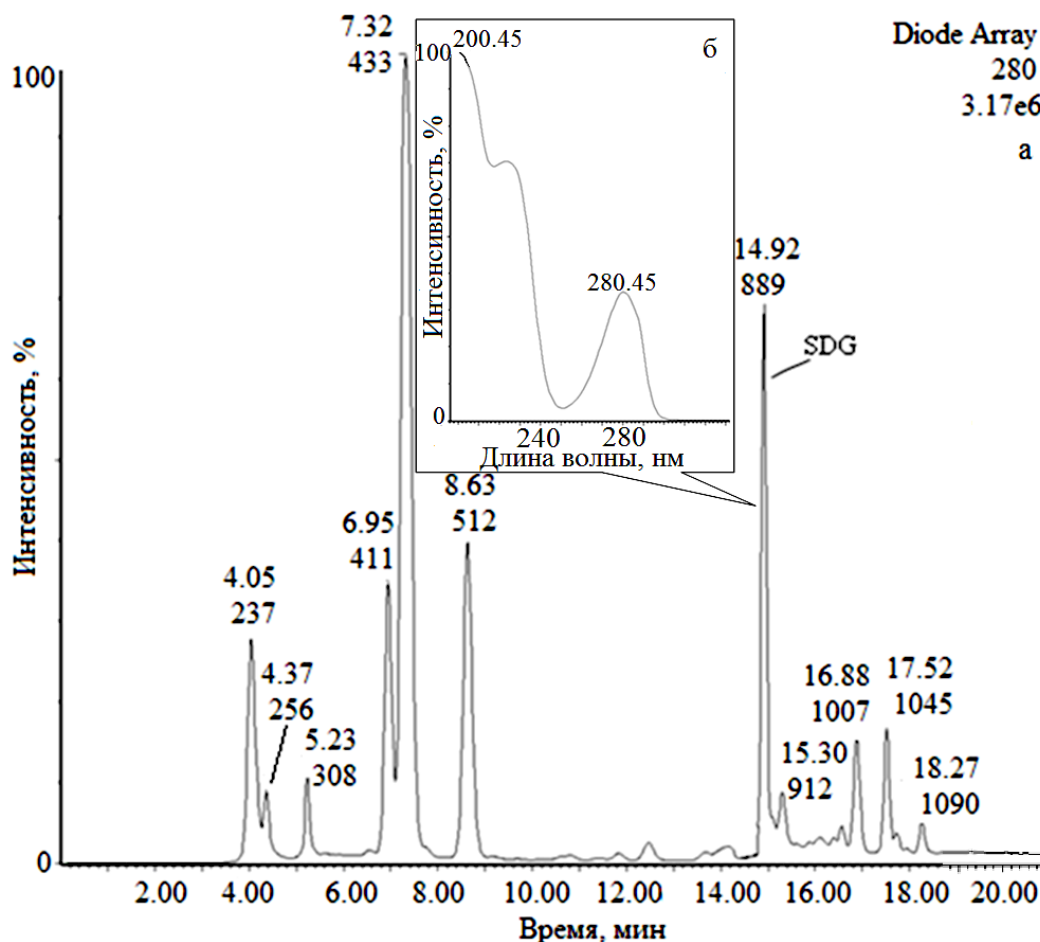


Рисунок 2. – Хроматограмма экстракта гидролизата фракции обезжиренных оболочек семян сорта Gold Flax (а) и спектр поглощения SDG (б)

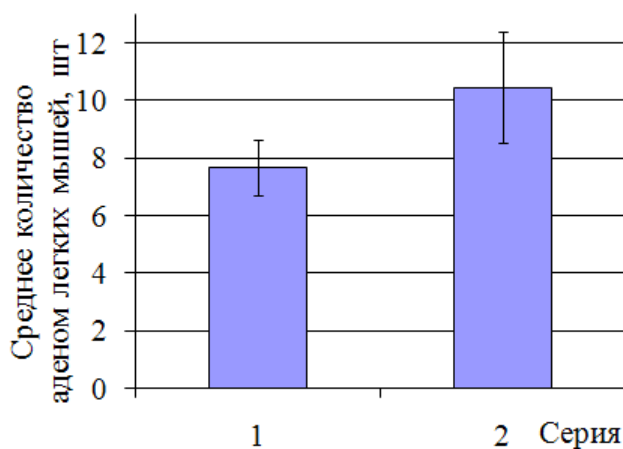
Подтверждение идентификации компонента хроматографического пика с временем удерживания 14,92 мин проводили путем регистрации масс-спектров стандарта и образца в области положительных и отрицательных ионов.

Результаты количественного определения SDG свидетельствуют о том, что его содержание в обезжиренных фракциях изменяется в пределах от 5,4 до 14,4 мг/г. Наибольшее содержание SDG наблюдается у таких сортов, как Gold Flax ( $14,4 \pm 0,8$  мг/г), Солнечный ( $12,3 \pm 0,4$  мг/г), Raluca ( $12,2 \pm 1,3$  мг/г), Atalante ( $11,1 \pm 0,8$  мг/г) и McGregor ( $10,2 \pm 0,7$  мг/г), в связи с чем их целесообразно использовать для получения продукта на основе SDG.

В результате анализа жирно-кислотного состава льняного масла отобранных сортов семян льна масличного выявлена широкая гетерогенность по содержанию ненасыщенных жирных кислот – линолевой C18:2 (13,66–72,23 %),  $\alpha$ -линоленовой C18:3 (1,58–61,60 %), и, соответственно, по величине йодного числа (142,6–198,8), что определяет дальнейшие направления их использования. Общая масличность семян колеблется в пределах от 39,7 до 43,5 %.

Основной функцией токоферолов в семенах масличных культур является антиоксидантная защита ненасыщенных триацилглицеринов от перекисного окисления. Анализ полученных результатов свидетельствует, что наибольшее содержание  $\gamma$ -токоферола наблюдается у желтосемянных сортов льна Gold Flax ( $14,2 \pm 0,02$  мкг/г) и Солнечный ( $13,80 \pm 0,12$  мкг/г), и у них же детектируется незначительное количество  $\alpha$ -токоферола: Gold Flax ( $9,60 \pm 0,08$  мкг/г), Солнечный ( $8,90 \pm 0,12$  мкг/г).

Семена льна масличного являются источником белка, ценность и функциональные свойства которого обусловлены высоким содержанием незаменимых аминокислот. Методом термогравиметрии по кривым потери массы рассчитывали энергии активации реакции термоокислительной деструкции белка в диапазоне температур 230–370°C, на основании которых определяли содержание белка. В исследуемых сортах льна содержание белка колеблется от 19,07 до 23,92 %.



**1 – аденомы в легких мышей, получавших фитопрепарат с кормом;**  
**2 – контроль (аденомы интактных мышей)**

**Рисунок 3. – Влияние фитопрепарата на основе лигнанов из оболочек семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный на индуцированное канцерогеном-уретаном опухолообразование у мышей**

Анализ минерального состава зольных остатков семян льна разных сортов показал, что массовая доля фосфора составила в среднем 40,78 %, калия – 34,21 %, магния – 14,39 % и кальция – 5,67 %.

В *четвертой главе* представлены результаты исследований влияния фитопрепарата на основе лигнанов (лигнансодержащей фракции) на спонтанное и индуцированное канцерогеном-уретаном опухолообразование в легких мышей высокоразовой линии Af, которые показали, что под действием лигнанов количество аденом в легких уменьшилось на 24,4 % (рисунок 3).

Полученные данные свидетельствуют о том, что фитопрепарат

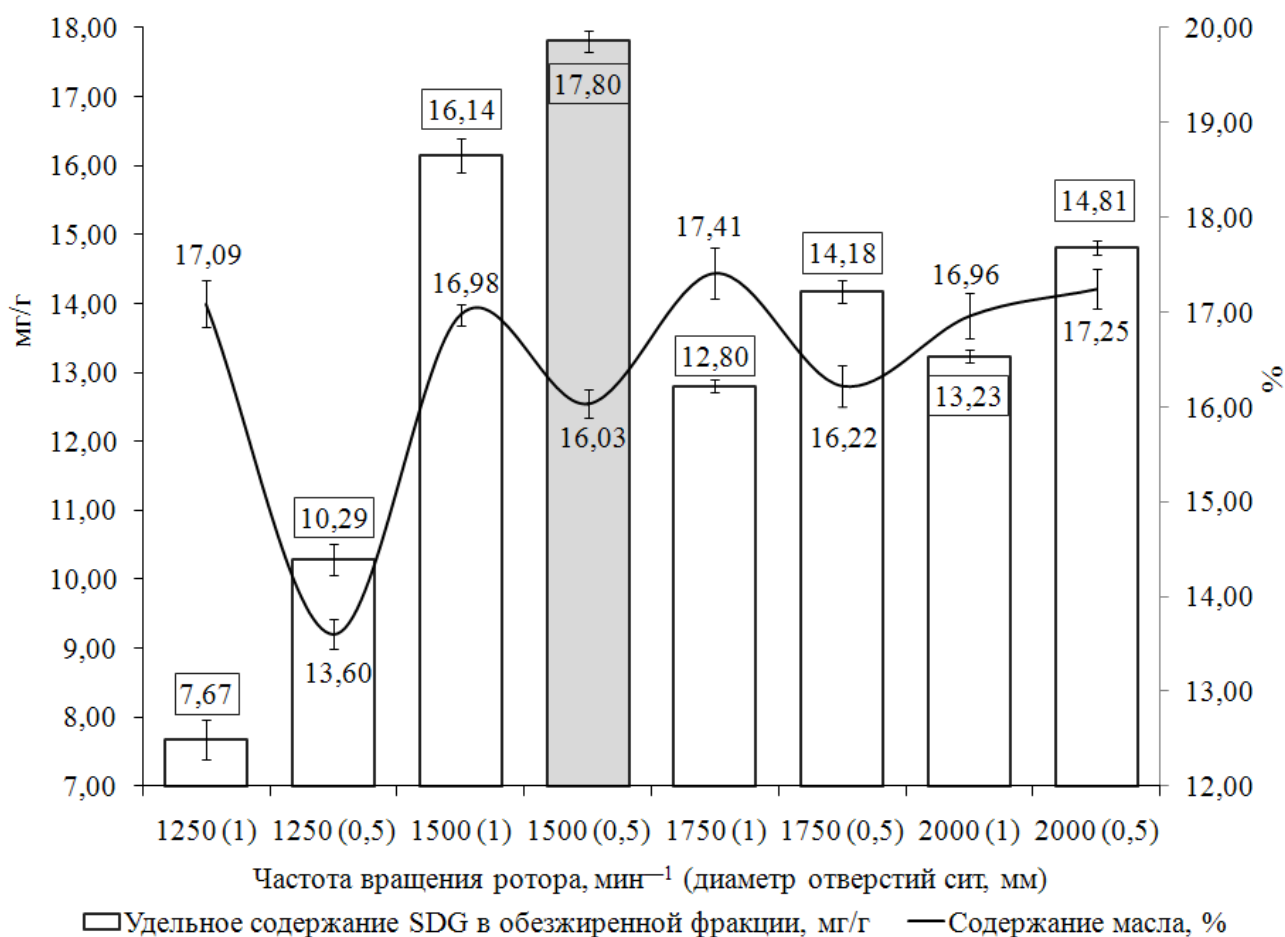
на основе лигнанов оказывает благоприятное воздействие на организм мышей высокоракерной линии Af, подавляя индуцированное канцерогеном опухолеобразование, и может быть использован в качестве эффективного профилактического средства для защиты млекопитающих от канцерогенеза.

В пятой главе представлена технология получения фракции оболочек семян льна с высоким содержанием лигнанов, приведен сравнительный анализ современных методов фракционирования семян льна. Исследования по измельчению семян льна проводили на мельнице ударного типа марки УЦМ. Экспериментально установлено влияние частоты вращения рабочего органа на эффективность процесса отделения оболочек. Частота вращения ротора в процессе исследования составляла 1250, 1500, 1750, 2000 мин<sup>-1</sup>. Диаметр ротора по концам лопаток составлял 450 мм, зазор между кромками лопаток и отбойной поверхностью –  $(5 \pm 0,5)$  мм. Измельченные семена просеивали через сита с диаметром отверстий 1 мм и последовательно через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм. Масло в семенах льна масличного содержится в семядолях, а SDG – в оболочках, поэтому для оценки качества разделения измельченных семян на фракции (оболочек и семядолей) определяли содержание масла и SDG в сходах (фракциях, которые остаются на сите), полученных при измельчении семян с разной частотой вращения ротора и просеивании через сита с различными диаметрами отверстий.

Результаты влияния частоты вращения ротора на содержание масла (%) и SDG (мг/г) при фракционировании на ситах с различными диаметрами отверстий приведены на рисунке 4.

По результатам лабораторных исследований установлено, что оптимальное для разделения фракций оболочек и семядолей измельчение достигается в диапазоне частоты вращения ротора – 1380–1640 мин<sup>-1</sup> и при просеве измельченных семян последовательно через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм.

Проведены опытно-промышленные испытания процессов измельчения и фракционирования семян льна на ЗАО «Истела Роса». Первой стадией явилось измельчение семян льна на указанной выше мельнице ударного непрерывного типа работы при установленных параметрах. Подачу материала в мельницу осуществляли с помощью питателя, представляющего собой вертикально расположенную цилиндрическую обечайку с заслонкой. К нижней части питателя с помощью фланцевого соединения были прикреплены калибровочные сопла, обеспечивающие равномерную подачу материала на измельчение. Измельченные семена льна просеивали через сита с диаметром отверстий 2 мм или 1 мм. После просеивания измельченных семян льна было установлено, что однократный помол не позволяет добиться полного разрушения семян. Опытным путем было определено, что полного разрушения семян можно добиться четырехкратным помолом.



**(1) – просеивание измельченных семян через сита с диаметром отверстий 1 мм;**  
**(0,5) – последовательное просеивание измельченных семян через сита**  
**с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм**

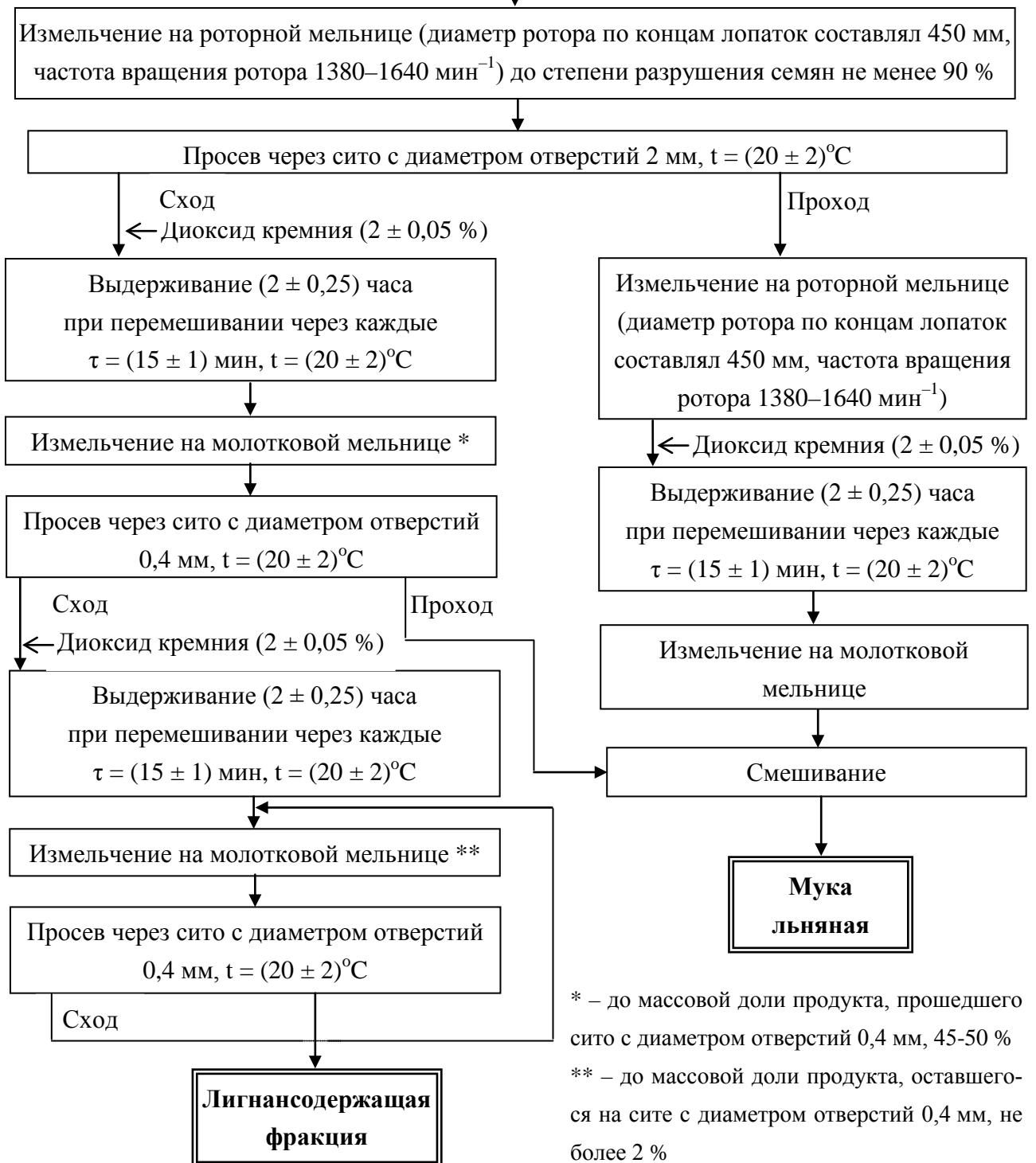
**Рисунок 4. – Содержание масла (%) и SDG (мг/г) в зависимости от частоты вращения ротора**

Критерием качества разделения фракций являлось содержание масла в получаемых сходах. По результатам проведенных испытаний было установлено, что наименьшее содержание масла наблюдалось в сходе, полученном при просеивании через сита с диаметром отверстий 2 мм ( $18,47 \pm 0,89$  %). В сходе, полученном при просеивании через сита с диаметром отверстий 1 мм, содержание масла составляло ( $29,14 \pm 0,88$ ) %.

При просеивании к измельченным фракциям льна добавляли ( $2 \pm 0,05$ ) % диоксида кремния, чтобы исключить слипание частиц и налипание их на сита, после чего проводили дополнительное измельчение на молотковой мельнице до размеров не более 0,4 мм (условие производителя биологически активной добавки к пище УП «Минскинтеркапс»). Полученную фракцию далее просеивали через сита с диаметрами отверстий 0,4 мм.

Разработана технология получения лигнансодержащей фракции и муки льняной, схема которой представлена на рисунке 5.

## Семена льна масличного



**Рисунок 5. – Разработанная технология получения лигнансодержащей фракции и муки льняной**

Особенности данной технологии заключаются в измельчении семян льна на роторной мельнице (до степени разрушения семян не менее 90 %) и дальнейшем просеве измельченного материала через сита с диаметром отверстий 2 мм с получением двух фракций: с размером частиц более 2 мм (сход) и с раз-

мером частиц менее 2 мм (проход). После добавления к сходу ( $2 \pm 0,05$ ) % диоксида кремния его дополнительно измельчали на молотковой мельнице и просеивали через сита с диаметром отверстий 0,4 мм с получением двух фракций: с размером частиц более 0,4 мм (сход) и с размером частиц менее 0,4 мм (проход). Затем к фракции с размером частиц более 0,4 мм добавляли ( $2 \pm 0,05$ ) % диоксида кремния, измельчали на молотковой мельнице и просеивали через сита с диаметром отверстий 0,4 мм. Полученная таким образом фракция с размером частиц менее 0,4 мм является лигнансодержащей фракцией, а фракцию, оставшуюся на сите, возвращали на измельчение на молотковой мельнице.

Фракцию с размером частиц менее 2 мм, полученную при первоначальном измельчении семян, подвергали повторному измельчению на роторной мельнице. После повторного измельчения к ней добавляли ( $2 \pm 0,05$ ) % диоксида кремния, измельчали на молотковой мельнице и объединяли с фракцией с размером частиц менее 0,4 мм, полученной при первом просеивании через сита с диаметром отверстий 0,4 мм. Полученный продукт является мукой льняной, которая может использоваться в качестве сырья для производства кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных или для непосредственного введения в их рацион.

Экспериментально установленные технологические параметры переработки семян льна явились основой технологии получения лигнансодержащей фракции по ТУ ВУ 100354659.088-2010 «Фракция оболочек семян льна масличного», которую использовали для производства на УП «Минскинтеркапс» биологически активной добавки к пище «Лигнокапс» по ТУ ВУ 100348119.052-2014 «Добавка биологически активная к пище "Лигнокапс"», и муки льняной по ТУ ВУ 100354659.099-2012 «Мука льняная», которую использовали для производства кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных.

Разработанная технология позволяет получать целевые продукты: лигнансодержащую фракцию с выходом 10 % и муку льняную с выходом 80 %.

Органолептические показатели лигнансодержащей фракции и муки льняной представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Органолептические показатели лигнансодержащей фракции и муки льняной

Наименование показателя	Характеристика продукта
Внешний вид	Мелкий сухой порошок. Допускается наличие рассыпающихся при легком нажатии комочков
Цвет	От светло-желтого до темно коричневого
Запах	Без затхлого, плесневелого, прогорклого и других посторонних запахов

Физико-химические показатели лигнансодержащей фракции и муки льняной представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Физико-химические показатели лигнансодержащей фракции и муки льняной

Наименование показателя	Значение
Лигнансодержащая фракция	
Содержание лигнанов в пересчете на SDG, мг/г	6,0-12,0
Массовая доля влаги и летучих веществ, не более %	12,0
Крупность помола (массовая доля продукта, оставшегося на сите № 04) %, не более	2,0
Мука льняная	
Массовая доля влаги и летучих веществ, не более %	12,0
Массовая доля общей золы в пересчете на абсолютно сухое вещество, не более, %	10,0
Массовая доля сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество, не менее, %	20,0
Массовая доля сырого жира в пересчете на абсолютно сухое вещество, не менее, %	25,0
Кислотное число, мг KOH, не более	40,0
Перекисное число, % I <sub>2</sub> , не более	0,4

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. На основании экспериментальных исследований установлено наличие и содержание биологически активных компонентов в семенах двенадцати коллекционных сортов льна масличного. Содержание лигнана SDG в семенах льна масличного исследованных сортов составляет от 5,4 до 14,4 мг/г обезжиренной фракции. Для дальнейшей работы отобраны желтые семена льна отечественной селекции сорта Солнечный с показателями: лигнана SDG ( $12,3 \pm 0,4$ ) мг/г (в обезжиренной фракции), жирных кислот линолевой C18:2 ( $14,93 \pm 0,18$ ) % и  $\alpha$ -линоленовой C18:3 ( $50,14 \pm 0,18$ ) %,  $\gamma$ -токоферола – ( $13,80 \pm 0,12$ ) мкг/г и  $\alpha$ -токоферола – ( $8,90 \pm 0,12$ ) мкг/г, белка – более 23 % (в семядолях с зародышем без оболочки), доля фосфора в зольном остатке составила в среднем 37,74 %, калия – 32,35 %, магния – 14,82 % и кальция – 6,50 % [1, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12].

2. Установлена активность лигнансодержащей фракции (содержание SDG 1 %) из оболочек семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный, позволяющая снизить количество аденом в легких мышей высококорковой линии Af при индукции канцерогеном-уретаном на 24,4 % по сравнению с контрольной серией [4, 12, 16, 17, 19, 20].

3. Обоснованы процесс выделения фракции оболочек с высоким содержанием лигнанов из семян льна масличного и оптимальные режимы: диаметр ротора по концам лопаток составлял 450 мм, зазор между кромками лопаток и отбой-



ной поверхностью мельницы –  $(5 \pm 0,5)$  мм, подача материала – через питатель с заслонкой, частота вращения ротора  $1380\text{--}1640 \text{ мин}^{-1}$ , просеивание перемолотых семян последовательно через сита с диаметрами отверстий 2 и 0,4 мм [7].

4. Разработана технология получения лигнансодержащей фракции и муки, включающая в себя измельчение семян льна, просеивание измельченных семян через сита с диаметром отверстий 2 мм с разделением на фракции, добавление  $(2 \pm 0,05)$  % диоксида кремния, выдерживание  $(2 \pm 0,25)$  часа при периодическом перемешивании, дополнительное измельчение на молотковой мельнице и просеивание через сита с диаметром отверстий 0,4 мм [7].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Результаты исследований явились основой для разработки и внедрения ТНПА, в частности ТУ ВУ 100354659.088-2010 «Фракция оболочек семян льна масличного» [21, 22] и ТУ ВУ 100354659.099-2012 «Мука льняная» [23, 24], которые используются на ЗАО «Истела Роса» для производства соответствующих продуктов, технологической инструкции по производству муки льняной, лабораторного регламента на производство фракции оболочек семян льна масличного. Фракция оболочек используется для получения биологически активной добавки к пище «Лигнокапс» [13] на УП «Минскинтеркапс» по ТУ ВУ 100348119.052-2014 «Добавка биологически активная к пище “Лигнокапс”» [25], мука льняная – в качестве сырья для производства кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных или для непосредственного введения в их рацион.

Результаты исследований внедрены в производство на УП «Минскинтеркапс» (акт о практическом использовании результатов исследований в фармацевтическом производстве от 28.09.2015 г.) и в учебный процесс по дисциплине «Технология пищевых производств» для студентов IV курса специальности «Биотехнология» на кафедре биотехнологии и биоэкологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (справка о внедрении результатов НИР в учебный процесс (протокол заседания кафедры № 4 от 11.12.2013 г.)).

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи в научных журналах**

1. Сравнительный анализ содержания секоизоларицирезинола диглюкозида в оболочках семян льна масличного различных сортов / В.Н. Леонтьев, В.В. Титок, И.В. Лайковская, С.Г. Михаленок, О.В. Стасевич, Е.В. Феськова // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. – 2007. – Вып. XV. – С. 169–172.

2. Биологически активные добавки на основе секоизолярицирезинола диглюкозида из семян льна масличного / Е.В. Феськова, В.Н. Леонтьев, В.В. Титок, И.В. Лайковская, И.М. Жарский // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. – 2008. – Вып. XVI. – С. 181–183.

3. Гетерогенность сортов льна масличного по содержанию лигнанов в семенах / В.В. Титок, В.Н. Леонтьев, И.В. Лайковская, Е.В. Феськова, И.М. Жарский, Л.В. Хотылева // Доклады НАН Беларуси. – 2008. – Т. 52, № 4. – С. 71–74.

4. Феськова, Е.В. Семена льна масличного сорта Солнечный – источник биологически активных веществ / Е. В. Феськова, В.Н. Леонтьев, В.В. Титок // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2009. – Вып. XVII. – С. 201–203.

5. Феськова, Е.В. Комплексная переработка семян льна масличного / Е.В. Феськова, В.Н. Леонтьев, И.М. Жарский // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2009. – Вып. XVII. – С. 207–209.

6. Application of HPLC-MS for the analysis of secoisolariciresinol diglucoside in flaxseed / A. Feskova, V. Luhn, V. Leontiev, O. Sovastei, T.N. Koltunowicz // Acta Physica Polonica A. – 2013. – Vol. 123, No. 5. – P. 834–836.

7. Технологические особенности измельчения и фракционирования семян льна масличного / Е.В. Феськова, В.Н. Леонтьев, П.Н. Саввин, Е.В. Комарова // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 3 (65). – С. 23–27.

### **Статьи в сборниках научных трудов**

8. Лен масличный как источник лигнанов для получения фитопрепаратов с антиаллергенной и антиоксидантной активностью / В.Н. Леонтьев, В.В. Титок, И.В. Лайковская, Е.В. Феськова, И.М. Жарский // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сб. науч. тр. / Рос. акад. естествен. наук, Отд-ние «Физико-хим. биология и инновации»; ред. совет: В.Н. Зеленков (гл. ред.) [и др.], отв. ред. вып.: А.В. Патудин, А.А. Маркарян – Москва, 2007. – Вып. 15. – С. 120–125.

9. Технологические подходы получения фитопрепаратов на основе лигнанов из семян льна масличного / Е.В. Феськова, И.В. Лайковская, В.Н. Леонтьев, И.В. Шабашова // Теоретические и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений: сб. науч. тр. III Междунар. науч. конф., Минск, 14–16 мая 2008 г. / НАН Беларуси, Центр. ботан. сад [и др.]; редкол.: В.Н. Решетников [и др.]. – Минск, 2008. – С. 522–525.

### **Материалы конференций**

10. Скрининг генотипов льна масличного по содержанию лигнанов в семенах / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова, О.В. Стасевич, И.В. Лайковская, В.В. Титок, И.М. Жарский // Регуляция роста, развития и продуктивности рас-

тений: материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 28–30 нояб. 2007 г. / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; редкол.: Г.Н. Алексейчук [и др.]. – Минск, 2007. – С. 126–127.

11. Феськова, Е.В. Биотехнологические аспекты комплексной переработки льна масличного / Е.В. Феськова, В.Н. Леонтьев, Е.А. Флюрик // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VI Московского междунар. конгресса, Москва, 21–25 марта 2011 г. / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – Москва, 2011. – С. 119–120.

12. Перспективы использования биологически-активных компонентов льняного семени в пищевой и фармацевтической промышленности / Н.В. Анисимова, С.И. Вакула, Л.В. Корень, В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: материалы V Междунар. науч.-практ. конф, Челябинск, 21–22 окт. 2011 г.: в 2 т. – Челябинск, 2011. – Т. I. – с. 225–230.

13. «Лигнокапс» – новый препарат из семян льна / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова, О.С. Игнатовец, В.Г. Лугин, В.В. Титок // Инновации в здоровье нации: Сб. материалов II Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 17 нояб. 2014 г. – СПб., 2014. – С. 428–429.

#### **Тезисы докладов**

14. Применение ВЭЖХ-МС для анализа содержания секоизоларицирезинола диглюкозида в семенах льна масличного / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова, О.В. Стасевич, И.В. Лайковская, В.В. Титок // Хроматография в химическом анализе и физико-химических исследованиях: тезисы докладов / Москва – Клязьма, 23–27 апр. 2007 г. / РАН, отдел хим. наук, Ин-т. физ. химии [и др.]; редкол.: А.Ю. Цивадзе [и др.]. – Москва, 2007. – С. 122.

15. Технологические аспекты получения биологически активных добавок на основе секоизоларицирезинола диглюкозида из семян льна масличного / В.Н. Леонтьев, В.В. Титок, И.М. Жарский, Е.В. Феськова, И.В. Лайковская, О.С. Игнатовец // Наукоемкие химические технологии - 2008: тезисы XII Международной научно-технической конференции, Волгоград, 9–11 сент. 2008 г. / ВолгГТУ; редкол.: В.С. Тимофеев [и др.]. – Волгоград, 2008. – С. 122.

16. Феськова, Е.В. Разработка фитопрепарата на основе лигнанов семян льна масличного / Е.В. Феськова, О.С. Игнатовец, Н.В. Зарихта // Повышение ресурсо- и энергоэффективности: наука, технология, образование: Труды Междунар. симпозиума, посвященного 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева, Москва, 23–24 апр., 2009 г. / Фед. агентство по науке и иннов., Рос. хим.-технол. ун-т [и др.]; редкол.: Ю.И. Капустин [и др.]. – Москва, 2009. – С. 130.

17. Секоизоларицирезинола диглюкозид в профилактике онкологических заболеваний / Е.В. Феськова, Е.А. Флюрик, В.Н. Леонтьев, В.М. Галай // Химия

и современные технологии: тезисы докладов V Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Днепропетровск, Украина, 20–22 апр. 2011 г. / УГХТУ. – Днепропетровск, 2011. – Т. 1 – С. 558.

18. Application of HPLC-MS for the analysis of secoisolariciresinol diglucoside in flaxseed / A. Feskova, V. Luhin, V. Leontiev, O. Sovastei, T.N. Koltunowicz // ION 2012: proceedings of the IX International conference Ion implantation and other applications of ions and electrons, Kazimierz Dolny, Poland, 25–28 June, 2012 / Politechnika Lubelska. – Kazimierz Dolny, 2012. – P. 63–64.

19. Anticancer properties of the potential radioprotector secoisolariciresinol diglucoside / A. Feskova, V. Luhin, V. Leontiev, O. Ignatovets, E. Manina, V. Titok // Medical physics in the Baltic States 2012: proceedings of the 10th International conference on medical physics, Kaunas, Lithuania, 8–10 November, 2012 / Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2012. – P. 149–150.

20. Herbal medicines based on secoisolariciresinol diglucoside from flaxseed are the potential radioprotectant / A. Feskova, V. Luhin, V. Leontiev, O. Ignatovets, O. Sovastei // Medical physics in the Baltic States 2013: proceedings of the 11th International conference on medical physics, Kaunas, Lithuania, 10–12 October, 2013 / Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2013. – P. 156–157.

### **Нормативно-технические документы**

21. Фракция оболочек семян льна масличного. Технические условия: ТУ ВУ 100354659.088-2010 / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова: утв. учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» 01.12.2010. Введ. 10.12.2010. – Минск, 2010. – 20 с.

22. Мука льняная. Технические условия: ТУ ВУ 100354659.099-2012 / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова: утв. учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» 14.12.2012. Введ. 20.12.2012. – Минск, 2012. – 14 с.

23. Извещение № 1 об изменении ТУ ВУ 100354659.088-2010 / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова: утв. учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» 05.02.2014. – Минск, 2014. – 11 с.

24. Извещение № 1 об изменении ТУ ВУ 100354659.099-2012 / В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова: утв. учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» 26.03.2014. Введ. 20.06.2014. – Минск, 2014. – 14 с.

25. Добавка биологически активная к пище «Лигнокапс». Технические условия: ТУ ВУ 100348119.052-2014 / Н.А. Алексеев, В.Н. Леонтьев, Е.В. Феськова: утв. производственным республиканским унитарным предприятием «Минскинтеркапс» 20.02.2014. Введ. 04.03.2014. – Минск, 2014. – 14 с.

**РЭЗІЮМЭ**

ФЕСЬКОВА Алена Уладзіміраўна

**Тэхналогія атрымання лігнанзмяшчальнай фракцыі і мукі з семя льну алейнага**

**Ключавыя словы:** лігнаны, семя льну алейнага, секаізаларыцырэзінола дыглюказід (SDG), проціпухлінная актыўнасць, лігнанзмяшчальная фракцыя.

**Мэта даследвання:** распрацоўка навукова-абгрунтаванай тэхналогіі перапрацоўкі семя льну алейнага з атрыманнем лігнанзмяшчальнай фракцыі і мукі.

**Метады даследвання:** метады экстракцыі, вадкасная і газавая храматаграфія, мас-спектраметрыя, электронная спектраскапія, электронная мікраскапія, тэрмагравіметрыя.

**Выкарыстаная апаратура:** вадкасны храмата-мас-спектрометр (Waters, ЗША), газавы храматограф HP-4890D (Hewlett Packard, ЗША), вадкасны храматограф (Shimadzu, Японія), сканавальны электронны мікраскоп JSM-5610 LV (JEOL, Японія), тэрмааналітычная сістэма TA-4000 (Mettler Toledo, Швейцарыя).

**Атрыманя вынікі і іх навізна:** праведзены скрынінг сартоў ільну алейнага па ўдзельным ўтрыманні біялагічна актыўных кампанентаў. Вызначана проціпухлінная актыўнасць лігнанзмяшчальнай фракцыі з абалонак семя льну алейнага сорту айчыннай селекцыі Сонечны. Распрацавана тэхналогія атрымання лігнанзмяшчальнай фракцыі і мукі на аснове перапрацоўкі семя льну алейнага.

**Ступень выкарыстання (рэкамендацыі):** тэхналогія атрымання лігнанзмяшчальнай фракцыі і мукі на аснове перапрацоўкі семя льну алейнага ўведзена ў вытворчасць на ЗАТ «Істэла Роса». Распрацаваны ТУ ВУ 100354659.088-2010 «Фракцыя оболочек семян льна масличного», ТУ ВУ 100354659.099-2012 «Мука льняная» і ТУ ВУ 100348119.052-2014 «Добавка биологически активная к пище “Лигнокапс”». Фракцыя абалонак выкарыстоўваецца для атрымання біялагічна актыўнай дабаўкі да харчавання «Лігнакапс» на УП «Мінскінтэркапс», мука льняная – у якасці сыравіны для вытворчасці харчовых прадуктаў для сельскагаспадарчых жывёл ці для непасрэднага ўвядзення ў іх рацыён. Распрацавана і ўведзена ў навучальны працэс схема фракцыянавання семя льну алейнага.

**Галіна ўжывання:** жывёлагадоўля, харчовая прамысловасць, ахова здароўя.

## РЕЗЮМЕ

ФЕСЬКОВА Елена Владимировна

### Технология получения лигнансодержащей фракции и муки из семян льна масличного

**Ключевые слова:** лигнаны, семена льна масличного, секоизолаарицирезинола диглюкозид (SDG), противоопухолевая активность, лигнансодержащая фракция.

**Цель работы:** разработать научно-обоснованную технологию переработки семян льна масличного с получением лигнансодержащей фракции и муки.

**Методы исследований:** методы экстракции, высокоэффективная жидкостная и газовая хроматографии, масс-спектрометрия, электронная спектроскопия, электронная микроскопия, термогравиметрия.

**Использованная аппаратура:** жидкостной хромато-масс-спектрометр (Waters, США), газовый хроматограф HP-4890D (Hewlett Packard, США), жидкостной хроматограф (Shimadzu, Япония), сканирующий электронный микроскоп JSM-5610 LV (JEOL, Япония), термоаналитическая система TA-4000 (Mettler Toledo, Швейцария).

**Полученные результаты и их новизна:** проведен скрининг сортов льна масличного по удельному содержанию биологически активных компонентов. Установлена противоопухолевая активность лигнансодержащей фракции из оболочек семян льна масличного сорта отечественной селекции Солнечный. Разработана технология получения лигнансодержащей фракции и муки на основе переработки семян льна масличного.

**Степень использования (рекомендации):** технология получения лигнансодержащей фракции и муки на основе переработки семян льна масличного внедрена на ЗАО «Истела Роса». Разработаны ТУ ВУ 100354659.088-2010 «Фракция оболочек семян льна масличного», ТУ ВУ 100354659.099-2012 «Мука льняная» и ТУ ВУ 100348119.052-2014 «Добавка биологически активная к пище “Лигнокапс”». Фракция оболочек используется для получения биологически активной добавки к пище «Лигнокапс» на УП «Минскинтеркапс», мука льняная – в качестве сырья для производства кормовых продуктов для сельскохозяйственных животных или для непосредственного введения в их рацион. Разработана и внедрена в учебный процесс схема фракционирования семян льна масличного.

**Область применения:** животноводство, пищевая промышленность, здравоохранение.

## SUMMARY

Feskova Alena

### **Technology of lignans-containing fraction and flour production from flaxseeds**

**Keywords:** lignans, flaxseeds, secoisolariciresinol diglucoside (SDG), anti-tumor activity, lignans-containing fraction.

**Aim of study:** develop of science-based technology of flaxseeds processing to obtain lignans-containing fraction and flour.

**Methods:** extraction, high liquid pressure chromatography, gas chromatography, mass-spectrometry, electron spectroscopy, electron microscopy, thermogravimetry.

**Used equipment:** liquid chromatograph mass spectrometer (Waters, USA), gas chromatograph HP-4890D (Hewlett Packard, USA), liquid chromatograph (Shimadzu, Japan), scanning electron microscope JSM-5610 LV (JEOL, Japan), thermo analytical system TA-4000 (Mettler Toledo, Switzerland).

**Received results and their novelty:** the screening of flaxseeds of different varieties by the specific content of biologically active components is carried out. Anti-tumor activity of the lignans-containing fraction from the flaxseed hulls of local breeding cultivar Solnechny is established. The technology of the lignans-containing fraction and flour production based on flaxseeds processing is developed.

**The degree of use (recommendation):** the technology of the lignans-containing fraction and flour production based on flaxseeds processing is introduced at the service company (private close corporation) “Istela Rosa”. TY BY 100354659.088-2010 “Flaxseed hull fraction” and TY BY 100354659.099-2012 “Flax flour”, TY BY 100348119.052-2014 «Food supplement ‘Lignocaps’» are worked out. Flaxseed hull fraction is used to obtain food supplement ‘Lignocaps’ at Unitary Enterprise “Minskintercaps”, flax flour is used as a source for production a fodder products for farm animal or for direct use as a feed for them. The scheme of the fractionation process of flaxseeds is developed and introduced to the teaching and learning activities.

**Sphere of application:** animal breeding, food industry, healthcare.

Научное издание

**Феськова** Елена Владимировна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГНАНСОДЕРЖАЩЕЙ  
ФРАКЦИИ И МУКИ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и  
биологически активных веществ

Ответственный за выпуск Е.В. Феськова

Подписано в печать 11.11.2015. Формат 60×84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 60 экз. Заказ 501.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/227 от 20.03.2014.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.