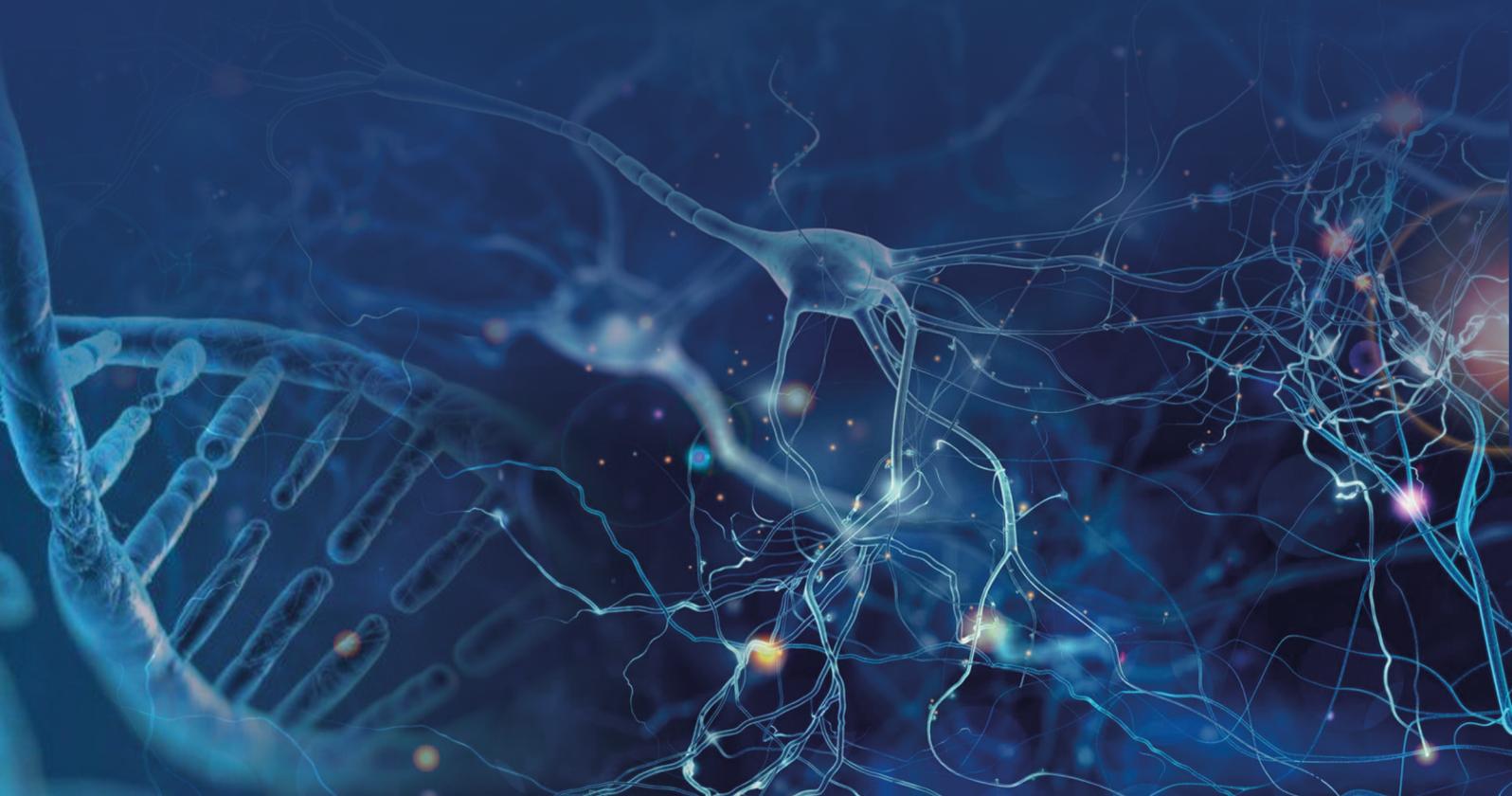


ISSN 2712-7648

HEALTH, FOOD, & BIOTECHNOLOGY

Volume 1, Issue 2
Year 2019



HFB

Health, Food and Biotechnology

№ 2 - 2019

Периодичность издания – 4 номера в год

No 2 - 2019

Periodicity of publication - 4 issues per year

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО МГУПП)

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Food Production» (FSBEI HE MSUFP)

Редакция

Заведующий редакцией - Косычева Марина Александровна
Выпускающий редактор - Косычева Марина Александровна
Ответственный секретарь - Шленская Наталья Марковна
Редактор по этике - Хорохорина Галина Анатольевна
Медийный редактор - Акопян Армен Игитович

Editorial Team

Head of Editorial Team - Marina A. Kosycheva
Editor of Issue - Marina A. Kosycheva
Executive Secretary - Nataliya M. Shlenskaya
Ethics Editor - Galina A. Khorokhorina
Social Media and Product Editor - Armen I. Hakobyan

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ №ФС77-72959 от 25 мая 2018 г.

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media. The Mass Media Registration Certificate EL No FS77-72959 dated May 25, 2018.

Адрес:

125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел. +7 (499) 750-01-11*6585
E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Address:

11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
Tel. +7 (499) 750-01-11*6585
E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Официальный сайт учредителя: mgupp.ru

Официальный сайт редакции: hfb-mgupp.com

© ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2019.

Official web site of Founder: mgupp.ru

Official web site of the Editorial Office: hfb-mgupp.com

© FSBEI HE «Moscow State University of Food Production», 2019.

Редакционный совет

Главный редактор **БАЛЫХИН Михаил Григорьевич** – доктор экономических наук, профессор, ректор

Члены редакционного совета:

Абаева Курманкуль Тулеутаевна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Абдраманов Абзал Аскарбекович	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Асанова Дания Касимовна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Бойд Сара	Дублинский технологический институт, Ирландия
Бурлибаев Малик Жолдасович	Казахское агентство прикладной экологии, Республика Казахстан
Джзозаф Моисей	Варшавский университет естественных наук, Польша
Есполов Тлектес Исабаевич	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Игнар Штефан	Варшавский университет естественных наук, Польша
Мусаева Айман Амангельдиевна	Атырауский государственный университет им. Халела Досмухамедова, Республика Казахстан
Пикосжевский Войцех	Ягеллонский университет, Польша
Подлацкий Славомир	Варшавский университет естественных наук, Польша
Сагян Ашот Серобович	Научно-производственный центр "Армбиотехнология" НАН РА, Республика Армения
Самбандам Ананадан	Национальный институт технологий, Индия
Сарсекова Дани Нургисаевна	Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан
Северинов Константин Викторович	Институт молекулярной генетики РАН, Институт биологии гена РАН, Россия
Франкович Марек	Ягеллонский университет, Польша
Фриас Исус	Дублинский технологический институт, Ирландия
Хайтович Филипп Ефимович	Институт Вычислительной Биологии в Шанхае, Сколтех, Китай, Россия
Химмельбауер Маргарита	Венский университет природных ресурсов, Австрия
Цыганова Татьяна Борисовна	Московский государственный университет пищевых производств, Россия,
Шенбергер Игорь Викторович	Казахстанское Агентство Прикладной Экологии, Республика Казахстан
Щетинин Михаил Павлович	Московский государственный университет пищевых производств, Россия
Юнусова Гульнара Батырбековна	Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, Республика Казахстан

Editorial Board

Editor-in-Chief **Mikhail G. BALYKHIN** – Doctor of Economics, Professor, Rector

Members of the Editorial Board:

Kurmankul T. Abayeva	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Abzal A. Abdramanov	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Daniya K. Asanova	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Sara Boyd	Dublin Institute of Technology, Ireland
Malik Burlibayev	Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Kazakhstan
Tlektes I. Espolov	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Marek Frankowicz	Jagiellonian University, Poland
Jesus Frias	Dublin Institute of Technology, Ireland
Margarita Himmelbauer	University of Natural Resources and Life Sciences, Austria
Mosiej Jozef	Warsaw University of Life Sciences, Poland
Philipp E. Khaitovich	Institute for Computational Biology by the Chinese Academy of Sciences; Skoltech, China, Russia
Aiman A. Mussayeva	Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Kazakhstan
Wojciech Piekoszewski	Jagiellonian University, Poland
Slawomir Podlaski	Warsaw University of Life 1 Sciences, Poland
Ashot S. Saghyan	National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Armenia
Anandan Sambandam	National Institute of Technology Tiruchirappalli, India
Dani N. Sarsekova	S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Mikhail P. Schetinin	Moscow State University of Food Production, Russia
Konstantin V. Severinov	Institute of Gene Biology Russian Academy of Sciences, Russia
Igor V. Shenberger	Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Kazakhstan
Ignar Stefan	Warsaw University of Life 1 Sciences, Poland
Tatiana B. Tsyganova	Moscow State University of Food Production, Russia
Gulnara B. Yunussova	A.Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan

Содержание

Редакторская статья

- Косычева М.А., Балыхин М.Г.**
Структура научной статьи: эмпирическое исследование 7

Здоровье

- Инкина А.В., Наседкин А.Н., Грачев Н.С.**
Деканюляция. Три шага к успеху..... 11
- Масюкова С.А., Землякова С.С., Ильина И.В., Гладько В.В.**
Современные подходы к лечению красного плоского лишая..... 17

Питание

- Ананьев В.В., Банникова О.А., Альхаир А.**
Модернизация упаковки для молока с заменой алюминиевой фольги металлизированным полиэтиленом..... 41
- Бутова С.Н., Вольнова Е.Р., Музыка М.Ю., Щеголева И.Д., Долезал Б.**
Обоснование использования пектина в технологии кетчупа 52
- Данильчук Т.Н., Ефремова Ю.Г., Барковская И.А.**
Создание мясных продуктов повышенной биологической ценности с использованием куриной печени и орехового жома..... 62
- Корнилов К.Н., Роева Н.Н.**
Определение содержания наночастиц пластика в питьевой воде и жидких пищевых продуктах 77
- Кирдяшкин В.В., Андреева А.А., Елисеева Ю.Е.**
Повышение посевных качеств семян маша инфракрасным излучением..... 88
- Миневич И.Э.**
Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях..... 97
- Сантос К.М.Р., Благовещенский И.Г., Благовещенский В.Г., Назойкин Е.А., Петряков А.Н.**
Повышение качества молотого кофе за счет использования SCADA системы при автоматизации процесса объемного дозирования..... 121

Биотехнологии

- Иванова Л.А., Фоменко И.А., Сергеева Д.А., Чурмасова Л.А., Кабаржан Ж.К.**
Разработка технологий получения фитомеланинов на отходах масличного производства 136

Обзоры

- Лаптева Е.А.**
Физиология питания: учебник / Е.Д. Амбросьева. КНОРУС 2018. 306 с. ISBN 978-5-406-05926-5..... 147

Content

Editorial

- M. Kosycheva, M. Balykhin**
Scientific Paper Structuring: Empirical Research 7

Health

- A. Inkina, A. Nasedkin, N. Grachev**
Decannulation. Three steps to success 11
- S. Masyukova, S. Zemlyakova, I. Ilyina, V. Gladko**
Modern Approaches to the Treatment of Lichen Planus 17

Food

- V. Ananyev, O. Bannikova, A. Alkheer**
Modernization of Milk Packaging as a Result of Replacing Aluminum Foil with Metallized Polyethylene 41
- S. Butova, E. Volnova, M. Musica, I. Shchegoleva, B. Dolezal**
The Rationale for the Use of Pectin in Ketchup Technology 52
- T. Danilchuk, Y. Efremova, I. Barkovskaya**
Creation of Meat Products with Increased Biological Value using Chicken Liver and Nut Pulp 62
- K. Kornilov, N. Roeva**
Determination of Different Nanoparticles Contamination in Drinking Water and non Alcoholic Beverages 77
- V. Kirdyashkin, A. Andreeva, J. Eliseeva**
Increasing of sowing qualities of a mung bean seeds by infrared radiation 88
- I. Minevich**
Functional Significance of Flax Seeds and Practice of Their Use in Food Technologies 97
- M. Santos Cunnighan, I. Blagoveshchensky, V. Blagoveschenskiy, E. Nazoykin, A. Petryakov**
Improving the Quality of Ground Coffee by Using the SCADA System to Automate the Volumetric Dosing Process 121

Biotechnology

- L. Ivanova, I. Fomenko, D. Sergeeva, L. Churmasova, Z. Kabarzhan**
Development of Technologies for Producing Phytomelanines on Waste Oil Production 136

Review

- E. Lapteva**
Physiology of Nutrition: textbook / E.D. Ambrosieva. Knorus 2018. 306 p. ISBN 978-5-406-05926-5 147

Структура научной статьи: эмпирическое исследование

Косычева Марина Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: kosychevama@mgupp.ru

Балыхин Михаил Григорьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: rektor@mgupp.ru

Рассматриваются особенности составных элементов научной статьи и основные требования, которые необходимо соблюдать при работе над ними. В данной редакторской статье даются рекомендации по написанию введения и обзора литературы, описываются схемы построения экспериментальной части эмпирической научной статьи, применимые ко многим журналам Web of Science и Scopus.

Ключевые слова: эмпирическая научная статья, структура, эмпирические данные, экспериментальная часть, требования научных журналов

Одной из основных причин отказа журналами в публикации является несоответствие рукописей предъявляемым требованиям по оформлению и структурированию. Любое исследование, описанное непоследовательно, будет дезориентировать читателя и не вызовет интереса в научном сообществе. Задача автора – помочь читателю обнаружить необходимую ему информацию в соответствующих секциях и подсекциях. Важно отметить, что у большинства журналов есть четко прописанные требования относительно структурирования рукописей, написания аннотаций, названий подразделов. Для автора важно произвести впечатление на редактора грамотным и корректным оформлением результатов своего исследования, таким образом показывая уважение к рекомендациям журнала.

Традиции структурирования исследований в международных журналах, во многом восходящие к англоязычному формату репрезентации информации, тяготеют к структуре IMRAD (Introduction, Methods, Results and Discussion), то есть Введение, Методы, Результаты и Обсуждение. Данная структура оптимально воспроизводит логику исследования. Уделяя внимание описанию самого исследования, зачастую авторы забывают, что целью научной статьи является не только знакомство читателя с методами и результатами определенного исследования, но и с тем, как оно вписывается в научный контекст. Демонстрация этой интеграции

требует обзора литературы по изучаемой проблематике, сравнения целей исследования, реализуемого автором, с ранее проведенными. Автор должен убедить аудиторию, что его исследование оригинально, достоверно, не противоречит этическим нормам, объективно, характеризуется новизной и представляет собой очевидную ценность для науки. Опора на четкую структуру представления исследования общественности существенно усиливает персуазивность представленной информации, помогая читателю ориентироваться в пространстве статьи.

Тема структурирования научной публикации не является новой. Данная проблема рассматривалась в контексте составления рекомендаций для начинающих авторов (Авдеева, Лобанова, 2016), анализировалась с точки зрения кросс-лингвистически вариаций (Zanina, 2017), изучалась в контексте становления структуры представления информации на примере медицинских статей (Sollaci, Pereira, 2004), обсуждалась как формат научного письма, способствующий повышению качества научного исследования (Wu, 2011). Пристальное внимание уделяется написанию аннотаций (Cusen, 2018), а также предотвращению основных ошибок авторов в процессе структурирования эмпирических статей (Mateu Arrom, 2018).

Ключевым элементом любой эмпирической статьи является аннотация (Abstract) – своего рода

краткое изложение тела статьи. Аннотация иллюстрирует актуальность проблематики, представляет процедуру и основные результаты, полученные в ходе исследования, указывает сферу их применения. Текст аннотации призван заинтересовать читателя в дальнейшем прочтении рукописи, продемонстрировать ее потенциальную значимость. Кроме того, следует помнить, что рецензент при двойном слепом рецензировании начинает знакомство с рукописью именно с аннотации. В аннотации категорически не рекомендуется повторять текст, скопированный из тела статьи. Очень важно исключить сложные синтаксические конструкции, цифры, таблицы и любое цитирование.

Ключевые слова, сопровождающие аннотацию, являются важным инструментом обнаружения статьи, поэтому автору необходимо подобрать их таким образом, чтобы они четко отражали проблематику исследования. Важно, чтобы ключевые слова не дублировали название, а дополняли его. Таким образом автор обусловит возможность нахождения своей статьи среди миллионов других исследований, попадающих в базы данных ежегодно.

«Введение» дает четкое представление о целях, задачах, исследовательских вопросах и гипотезах статьи. Задача автора – преподнести читателю тот необходимый объем информации, который окажется достаточным для того, чтобы понять суть исследования. Введение зачастую включает в себя литературный обзор по проблеме исследования. Тщательный анализ рукописей, посвященных проблематике научной работы, не оставит сомнений в компетентности автора, поможет ему продемонстрировать тот пробел в знаниях, который его исследование призвано заполнить. Именно анализ, а не простое перечисление предшествующих исследований по теме, помогает автору подчеркнуть новизну его рукописи, которая является необходимой характеристикой оригинального эмпирического исследования.

Раздел «Методы и материалы» призван помочь любому исследователю в будущем повторить эксперимент, описанный автором с целью его верификации. Именно поэтому в данном разделе важно четко описать все элементы процедуры ис-

следования: подробно описать участников и материалы исследования, оборудование, с помощью которого реализовывался эксперимент, охарактеризовать методы исследования, очень подробно описать процедуру исследования и методы математического анализа полученных в исследовании результатов.

В данном разделе принципиальное внимание должно уделяться методологии, тщательному обоснованию выбранных методов – читатель должен понимать, почему авторы отдали предпочтение данному виду анализа и как он соотносится с целями исследования. Подробное описание необходимо необычным или уникальным методам с указанием ссылок на источник, объясняющих их специфику и методологию, широко известные методы не требуют дополнительной информации, достаточно указания их названия. Кроме того, не следует забывать, что при использовании статистических методов обработки данных, внимание должно уделяться не описанию самих методов, а тому, как полученные данные были обработаны при помощи этих конкретных методов (Todorović, 2003).

Рекомендуется использовать подзаголовки (Участники, Материалы, методы, Процедура исследования, Анализ данных), которые помогают читателю ориентироваться в описании методологии представленного в статье исследования.

Секция «Результаты» призвана представить конкретные данные для подтверждения или опровержения гипотез, сформулированных во введении. Полученные данные лучше представлять в строгом соответствии с процедурой исследования, описанной автором в секции «Материалы и методы». Полученные данные нужно представлять в систематизированном и обобщенном виде. Наиболее распространенным способом их представления считаются таблицы, графики, схемы, рисунки. При этом, иллюстративный материал (визуализация данных) не должен дублировать текстовое содержание секции. Его задача – иллюстрировать текст, визуализировать данные. Как правило, текстом описывают то, что удалось получить в результате исследования, а таблицы и иные средства визуализации призваны демонстрировать достоверность

¹ Если исследования проводились с участием людей или животных, необходимо указать число участников эксперимента, их пол, возраст и иные значимые в контексте исследования характеристики. Необходимо включить полную информацию о материалах, используемых при выполнении эксперимента, их точные технические характеристики и количество. Иногда бывает необходимо перечислить химические и физические свойства применяемых реагентов и веществ. Рекомендовано избегать торговых названий, но если они упоминаются, то их названия пишутся с заглавной буквы, чтобы их можно было отличить от общих имен в тексте. Животные и микроорганизмы должны быть точно идентифицированы по роду, виду или штамму.

текстовой информации. Таблицы должны быть составлены таким образом, чтобы их информативность была очевидной, и читатель не был вынужден искать разъяснения в тексте. Каждая таблица или график должна иметь название, четко отражать заголовок и содержать легко читаемые аббревиатуры и символы. Любой наглядный материал следует оформлять в соответствии с требованиями журнала и сопровождать пояснением с указанием копирайта в случае, если автор статьи не является автором представленного инструмента визуализации (таблицы, графика, рисунка и пр.).

При описании результатов в эмпирическом исследовании необходимо помнить, что данные статьи опираются на практические методы измерения, эксперимент и т.д., следовательно, при прочтении должно быть понятно, почему авторы выбрали для анализа именно эти данные и методы.

Самым сложным структурным элементом эмпирического исследования является раздел «Обсуждение результатов». Его сложность заключается в том, что автору необходимо быть предельно лаконичным, но убедительным, так как любые результаты, даже самые интересные и неожиданные, могут остаться без прочтения, если они неумело интерпретированы. Комментируя полученные результаты, важно опираться на ключевые исследования в области исследования и не пытаться проанализировать и подвергнуть критике все уже имеющиеся. Комментарии по поводу сходных исследований, представляемые в этой секции не должны повторять те, которые уже давались во Введении. Кроме того, в данной рубрике необходимо сопоставить цель работы и полученные результаты, прокомментировать обоснование гипотезы.

Обсуждение результатов следует начать с кратко-го представления того, что было выявлено в ходе исследования и его важности. Результаты могут быть охарактеризованы, например, с точки зрения их вклада в уже существующую историю изучаемой проблемы. Далее следует упомянуть сильные стороны исследования и ограничения, с которыми авторы столкнулись при реализации исследования, поскольку они могут повлиять на результаты и снизить их статистическую значимость. Усиливает секцию и апелляция к сходным исследованиям других авторов с тем, чтобы выявить – согласуются ли проведенное исследование с ними или опровергает их. В случае выявления расхождений рекомендуется объяснить их причины. В завершении необходимо описать значимость исследования для науки, про-

демонстрировав его конкретный вклад. В данном случае важно не переоценивать эту значимость, стремясь к максимально объективной ее оценке.

Раздел «Заключение» призван придать исследованию завершенность, демонстрирует, умеет ли он четко и беспристрастно акцентировать базовые результаты исследования, их применимость в реальной практике, их интегрированность с предыдущей логикой исследования данной проблематики и очертить дальнейшие направления исследования в представленной области.

Предложенная структура помогает максимально полно отразить ход и результаты исследования. Кроме того, четкая структура эмпирического исследования гарантирует, что навигация по рукописи будет максимально удобной, как для рецензентов, так и для читателей.

Литература

- Авдеева, Н. В., Лобанова, Г. А. (2016). Структурирование научной статьи в формате «Introduction, Methods, Results and Discussion»: что важно учитывать начинающему автору. *Открытое образование*, 20(5), 4-10.
- Cusen, G. (2018). "Borders" in the writing of academic texts: Investigating informativeness in academic journal abstracts. *Acta Universitatis Sapientiae, Philologica*, 10(2), 141-154. <https://doi.org/10.2478/ausp-2018-0019>
- Mateu Arrom L., Huguet J., Errando C., Breda A., & Palou J. (2018). Cómo escribir un artículo original [How to write an original article]. *Actas Urológicas Espanolas*, 42(9), 545-550. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.02.011>
- Todorović, L. (2003). Original (scientific) paper: The IMRAD layout. *Archive of Oncology*, 11(3), 203-205. <https://doi.org/10.2298/AOO0303203T>
- Sollaci, L. B., & Pereira M. G. (2004). The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: A fifty-year survey. *Journal of the Medical Library Association*, 92(3), 364-371.
- Zanina, E. (2016). Strategic hedging: A comparative study of methods, results and discussion (and conclusion) sections of research articles in English and Russian. *Journal of Language and Education*, 2(2), 52-60. <https://doi.org/10.17323/2411-7390-2016-2-2-52-60>.
- Wu, J. (2011). Improving the writing of research papers: IMRAD and beyond. *Landscape Ecology*, 26, 1345-1349. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9674-3>

Scientific Paper Structuring: Empirical Research

Marina A. Kosycheva

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: kosychevama@mgupp.ru*

Mikhail G. Balykhin

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: rektor@mgupp.ru*

Constituent elements of an empirical research paper and the basic requirements that must be observed when working on it are considered. This editorial provides recommendations on how to write an introduction and review of the literature, describes the design of the experimental part of an empirical scientific paper applicable to many journals Web of Science and Scopus.

Keywords: original research, structure, empirical data, experimental procedure, scientific journals requirements

References

- Avdeeva, N. V., & Lobanova, G. A. (2016). Structuring of a scientific paper as «Introduction, Methods, Results and Discussion»: A guide for an inexperienced author. *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*, 20(5), 4-10.
- Cusen, G. (2018). "Borders" in the Writing of Academic Texts: Investigating Informativeness in Academic Journal Abstracts. *Acta Universitatis Sapientiae, Philologica*, 10(2), 141-154. <https://doi.org/10.2478/ausp-2018-0019>
- Mateu Arrom, L., Huguet, J., Errando, C., Breda, A., & Palou, J. (2018). Cómo escribir un artículo original [How to write an original article]. *Actas Urologicas Espanolas*, 42(9), 545-550. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.02.011>
- Todorović, L. (2003). Original (scientific) paper: The IMRAD layout. *Archive of Oncology*, 11(3), 203-5. <https://doi.org/10.2298/AOO0303203T>
- Sollaci, L. B., & Pereira, M. G. (2004). The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: a fifty-year survey. *Journal of the Medical Library Association*, 92(3), 364-371.
- Zanina, E. (2016). Strategic hedging: A comparative study of methods, results and discussion (and conclusion) sections of research articles in English and Russian. *Journal of Language and Education*, 2(2), 52-60. <https://doi.org/10.17323/2411-7390-2016-2-2-52-60>.
- Wu, J. (2011). Improving the writing of research papers: IMRAD and beyond. *Landscape Ecology* 26, 1345-1349. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9674-3>

Деканюляция. Три шага к успеху

Инкина Анна Васильевна

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского
Адрес: 129110, Москва, ул. Щепкина, дом 61/2
E-mail: larynx07@rambler.ru

Наседкин Алексей Николаевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: nasedkinan@mgpp.ru

Грачев Николай Сергеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: nick-grachev@yandex.ru

Статья посвящена деканюляции, которая необходима после проведения трахеостомии. Деканюляция является заключительной процедурой хирургического вмешательства. Это процесс окончательного удаления трахеостомической трубки, после которой наступает выздоровление и восстановление пациента. Несмотря на всю важность деканюляции, до сих пор не существует единого универсального стандарта и протокола проведения этой процедуры, доступная литература состоит из экспертных заключений и опросов. В зарубежной и отечественной литературе широко освещается вопрос деканюляции пациентов, но единого алгоритма на данный момент не существует. Многолетний опыт работы с канюленосителями в ЛОР клинике Московского областного научно-исследовательского клинического институт им. М.Ф. Владимирского, с 2000 по 2017 года позволил нам разработать протокол подготовки взрослых пациентов, находящихся в сознании и на самостоятельном дыхании, к проведению деканюляции, состоящий из 3 пунктов для оценки состояния пациента: 1) оценка эффективности кашлевого рефлекса; 2) оценка эффективности глотания; 3) оценка эффективности состояния дыхательной функции. Процедура деканюляции была успешно проведена у 256 пациентов в возрасте от 18-78 лет, из них 144 мужчины и 112 женщины. Нами предложен простой в практическом применении протокол подготовки взрослых пациентов, находящихся в сознании и на самостоятельном дыхании, к проведению деканюляции. После проведения процедуры деканюляции пациент должен находиться под наблюдением медперсонала первые несколько суток. После закрытия стомы рекомендуется проводить наблюдение в течение 3 месяцев.

Ключевые слова: трахеостома, деканюляция, протокол деканюляции

Введение

Трахеостомия - распространенная операция, выполняемая пациентам для предотвращения асфиксии, а основными показаниями для ее проведения являются: 1) Необходимость продленной искусственной вентиляции легких; 2) Обструкция верхних дыхательных путей; 3) Нарушение дренажной функции трахеобронхиального дерева; 4) Несостоятельность нервно-мышечного аппарата дыхания. Среди клиницистов существует относительное согласие по вопросу необходимости трахеостомии и установки трахеостомической трубки, но нет еди-

ного мнения относительно того, когда эту трубку можно безопасно удалить.

Процесс окончательного избавления пациента от трахеостомической трубки называется деканюляцией. Деканюляция – важный этап в реабилитации пациента, он означает переход на адекватное физиологическое дыхание, возвращение голоса с восстановлением коммуникативных способностей. Задача врача – определить, когда необходимость в трахеостомической трубке исчезла, и удалить ее максимально безопасно.

Несмотря на всю важность деканюляции, до сих

пор не существует единого универсального стандарта проведения этой процедуры. Доступная литература о деканюляции в основном состоит из экспертных заключений и международных опросов (Kutsukutsa, Mashamba-Thompson, & Saman, 2017). Несколько зарегистрированных клинических испытаний (ретроспективных и перспективных) носят описательный характер, рандомизированных клинических испытаний не хватает (Singh, Saran, & Baronia, 2017). Принятие решения о деканюляции часто зависит от индивидуального опыта врача. Чаще всего клиницисты для прогнозирования успешной деканюляции используют тесты на оценку возможности дыхания пациента с закрытой трахеостомической трубкой и оценку эффективности кашля (Santus et al., 2014). В других исследованиях при прогнозировании деканюляции учитывают такие параметры, как уровень сознания и неврологический статус, возраст, качество глотания, количество мокроты, продолжительность механической вентиляции, стабильность газов крови (PaO_2 и $PaCO_2$), этиология дыхательной недостаточности и сопутствующие заболевания (Cohen et al., 2016; Stelfox et al., 2008; Santus et al., 2014; Choate, Barbetti, & Currey, 2009). Некоторые авторы для оценки успешности деканюляции предлагали использовать фиброларинготрахеоскопию (Marchese, Corrado, Scala, Corrao, & Ambrosino, 2010). Для облегчения процесса деканюляции в некоторых случаях рекомендуют использовать заглушенный трахеостомический фиксатор, который предотвращает самопроизвольное закрытие трахеостомы в контрольном периоде (Budweiser et al., 2012). Ряд авторов обращают внимание на то, что деканюляция не возможна без оценки эффективного кашля, т.е. без оценки состояния дренажной функции трахеобронхиального дерева (Bach & Saporito, 1996; Ceriana et al., 2003). Без оценки акта глотания у трахеоканюляров с использованием метиленового синего, который является важным способом для выявления любой формы дисфагии, прогнозировать успех деканюляции просто невозможно (Hammond & Goldstein, 2006). В то же время, по мнению специалистов, изучавших состояние канюленосителей перед деканюляцией, пациентам в обязательном порядке рекомендуется фиброоптическая эндоскопическая оценка глотания (FEES) (Warnecke et al., 2013).

В специальной литературе нет четкого представления, как проводить процедуру самой деканюляции, то есть до сих пор не существует общепринятого протокола для этого жизненно важного этапа лечения канюленосителей (Rumbak et al., 1997; O'Connor, Kirby, Terrin, Hill, & White, 2009; Tobin & Santamaria, 2008).

Авторы, основываясь на результатах многолетнего опыта работы с канюленосителями (ЛОП клиника МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, с 2000 по 2017 гг.) и на результатах успешно проведенных ими многочисленных деканюляций (256 пациентов в возрасте от 18-78 лет, из них 144 мужчины [56%] и 112 женщины [44 %]), предлагают простой в практическом применении протокол подготовки взрослых пациентов, находящихся в сознании и на самостоятельном дыхании, к проведению деканюляции, состоящий из 3 пунктов для оценки состояния пациента: 1) оценка эффективности кашлевого рефлекса; 2) оценка эффективности глотания; 3) оценка эффективности состояния дыхательной функции. При этом следует строго обязательно переходить к оценке результатов исследования последующего пункта только после получения положительных результатов исследования предыдущего пункта протокола.

Оценку эффективности или неэффективности мероприятий каждого из трех пунктов подготовки к деканюляции предлагаем проводить по следующей схеме.

Оценка эффективности кашлевого рефлекса, т.е. дренажной функции легких. Количественными показателями кашля являются пиковая скорость кашля (PCF более 160 л / мин; N 400 л/мин) и максимальное давление выдоха (MEP более 40 см. водн. ст.; N 80 - 150 см водн. ст). Пациент самостоятельно откашливает мокроту через трахеотомическую трубку и верхние дыхательные пути, или требуется от 1 до 3 аспираций мокроты в сутки через трахеотомическую трубку – результат оценки положительный, можно переходить к следующему пункту оценки состояния пациента. Если количество аспираций через трахеотомическую трубку 4 и более – деканюляция откладывается.

Оценка эффективности глотания. На первом этапе необходимо опросить пациента о возможности приема пищи различной консистенции. Если при глотании не происходит изменения голоса, нет поперхивания и кашля, можно считать функцию глотания удовлетворительной и переходить к следующему пункту оценки состояния пациента. Если есть сомнения в эффективности глотания, рекомендуем провести тест с метиленовым синим. При подтверждении трансларингеальной аспирации, рекомендуем выполнить фиброоптическую эндоскопическую оценку глотания или рентгеноскопию акта глотания. При инструментальной оценке дисфагии от 5-8 по шкале аспирации в соответствии с критериями Rosenbek (PAS) (Rosenbek,

Robbins, Roecker, Coyle, & Wood, 1996) деканюляция противопоказана.

Оценка эффективности состояния дыхательной функции Тест с закрытым наружным отверстием трахеостомической трубки – при закрытии пальцем наружного отверстия необходимо оценить дыхание и голос пациента. Если голос звучный и дыхание остается свободным, необходимо перевести больного на трахеостомическую трубку меньшего диаметра и закрыть пробкой (заклеить пластырем) ее наружное отверстие в течение как минимум 2 суток с активным динамическим наблюдением. Если у пациента при проведении этого теста нет звучного голоса, имеются проявления респираторного дистресса, рекомендуем эндоскопический осмотр дыхательных путей. При отсутствии патологии во время эндоскопического осмотра, трахеостомическую трубку можно уменьшить и закрыть ее наружное отверстие. При отсутствии нарушения дыхания при проведении данного теста в течение как минимум 2 суток, можно приступить к самой процедуре деканюляции. Пациентам, которые не проходят тест на определение эффективности дыхательной функции, имеющих дисфонию, трахеомаляцию, паралич гортани, признаки стеноза или пневмонии, деканюляция не показана.

После окончательного удаления трахеотомической трубки рекомендуем закрыть трахеостому мажевой салфеткой. Трахеостома обычно закрывается самостоятельно. Скорость ее закрытия может варьироваться от одного дня или занять недели. Образование стойкого трахеального дефекта (свища) требует хирургического вмешательства. При выполнении деканюляции необходимо соблюдать некоторые общие правила: процедуру проводят утром с понедельника по четверг, чтобы увеличить время наблюдения за деканюлированным пациентом. Также рекомендуем обеспечить достаточный интервал во времени между приемами пищи или жидкости. После деканюляции, особенно в первые сутки, пациент находится под пристальным врачебным контролем на случай экстренной установки трахеотомической трубки в закрывающуюся трахеостому. Аварийное оборудование в виде удаленной трахеостомической трубки и трубки меньшего размера, расширителя Труссо и иных необходимых инструментов должно постоянно находиться у постели пациента. После деканюляции необходимо проводить динамическое наблюдение за больным в течение 3-х месяцев.

В результате проведенных исследований нами предложен единый протокол подготовки взрослых

пациентов, находящихся в сознании и на самостоятельном дыхании, к проведению деканюляции.

Литература

- Bach, J. R., & Saporito, L. R. (1996). Criteria for Extubation and Tracheostomy Tube Removal for Patients With Ventilatory Failure. *Chest*, 110(6), 1566–1571. <https://doi.org/10.1378/chest.110.6.1566>
- Budweiser, S., Baur, T., Jörres, R. A., Kollert, F., Pfeifer, M., & Heinemann, F. (2012). Predictors of Successful Decannulation Using a Tracheostomy Retainer in Patients with Prolonged Weaning and Persisting Respiratory Failure. *Respiration*, 84(6), 469–476. <https://doi.org/10.1159/000335740>
- Ceriana, P., Carlucci, A., Navalesi, P., Rampulla, C., Delmastro, M., Piaggi, G., Mattia, E., & Nava, S. (2003). Weaning from tracheotomy in long-term mechanically ventilated patients: feasibility of a decisional flowchart and clinical outcome. *Intensive Care Medicine*, 29(5), 845–848. <https://doi.org/10.1007/s00134-003-1689-z>
- Choate, K., Barbetti, J., & Currey, J. (2009). Tracheostomy decannulation failure rate following critical illness: A prospective descriptive study. *Australian Critical Care*, 22(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2008.10.002>
- Cohen, O., Tzelnick, S., Lahav, Y., Stavi, D., Shoffel-Havakuk, H., Hain, M., Doron Halperin, D., & Adi, N. (2015). Feasibility of a single-stage tracheostomy decannulation protocol with endoscopy in adult patients. *The Laryngoscope*, 126(9), 2057–2062. <https://doi.org/10.1002/lary.25800>
- Hammond, C. A. S., & Goldstein, L. B. (2006). Cough and Aspiration of Food and Liquids Due to Oral-Pharyngeal Dysphagia. *Chest*, 129(1), 154S–168S. https://doi.org/10.1378/chest.129.1_suppl.154s
- Kutsukutsa, J., Mashamba-Thompson, T. P., & Saman, Y. (2017). Tracheostomy decannulation methods and procedures in adults: a systematic scoping review protocol. *Systematic Reviews*, 6, 239. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0634-0>
- Marchese, S., Corrado, A., Scala, R., Corrao, S., & Ambrosino, N. (2010). Tracheostomy in patients with long-term mechanical ventilation: A survey. *Respiratory Medicine*, 104(5), 749–753. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.01.003>
- O'Connor, H. H., Kirby, K. J., Terrin, N., Hill, N. S., & White, A. C. (2009). Decannulation Following Tracheostomy for Prolonged Mechanical Ventilation. *Journal of Intensive Care Medicine*, 24(3), 187–194. <https://doi.org/10.1177/0885066609332701>
- Rosenbek, J. C., Robbins, J. A., Roecker, E. B., Coyle, J. L.,

- & Wood, J. L. (1996). A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*, 11(2), 93–98. <https://doi.org/10.1007/BF00417897>
- Rumbak, M. J., Graves, A. E., Scott, M. P., Sporn, G. K., Walsh, F. W., Anderson, W. M., & Goldman, A. L. (1997). Tracheostomy tube occlusion protocol predict success tracheal decannulation follow long term mech vent. *Critical Care Medicine*, 25(3), 413–7. PMID: 9118655. <https://doi.org/10.1097/00003246-199703000-00007>
- Santus, P., Gramegna, A., Radovanovic, D., Raccanelli, R., Valenti, V., Rabbiosi, D., Vitacca, M., & Nava, S. (2014). A systematic review on tracheostomy decannulation: a proposal of a quantitative semiquantitative clinical score. *BMC Pulmonary Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2466-14-201>
- Singh, R. K., Saran, S., & Baronia, A. K. (2017) The practice of tracheostomy decannulation—a systematic review. *Journal of Intensive Care*, 5, 38 <https://doi.org/10.1186/s40560-017-0234-z>
- Stelfox, H., Crimi, C., Berra, L., Noto, A., Schmidt, U., Bigatello, L. M., & Hess, D. (2008). Determinants of tracheostomy decannulation: an international survey. *Critical Care*, 12(1), R26. <https://doi.org/10.1186/cc6802>.
- Tobin, A. E., & Santamaria, J. D. (2008). An intensivist led tracheostomy review team is associated with shorter decannulation times and length of stay: a prospective cohort study. *Critical Care*, 12(2), R48. <https://doi.org/10.1186/cc6864>
- Warnecke, T., Suntrup, S., Teismann, I. K., Hamacher, C., Oelenberg, S., & Dziewas, R. (2013). Standardized Endoscopic Swallowing Evaluation for Tracheostomy Decannulation in Critically Ill Neurologic Patients. *Critical Care Medicine*, 41(7), 1728–1732. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e31828a4626>

Decannulation. Three Steps to Success

Anna V. Inkina

*SBHI of MA MRRCI n.a. M.F. Vladimirskiy
61/2, Shepkina street, Moscow, 129110, Russian Federation
E-mail: larynx07@rambler.ru*

Aleksey N. Nasedkin

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: nasedkinan@mgupp.ru*

Nikolay S. Garchev

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: nick-grachev@yandex.ru*

The article is devoted to decannulation, which is necessary after the tracheostomy. Decannulation is a final surgical procedure. This is the process of the final removal of the tracheostomy tube, after which the patient comes to recovery and restoration to health and strength. Despite the importance of decannulation, there is still no single universal standard and protocol for conducting this procedure, the available literature consists of expert opinions and surveys. Years of experience in hospital (Moscow Regional Research and Clinical Institute named after M.F. Vladimirsky) from 2000 to 2017 allowed us to develop a protocol for the patients, who were conscious and self-breathing, to conduct decannulation. The protocol consists of 3 steps for assessing the patient's condition: 1) assessment of the effectiveness of the cough reflex; 2) evaluation of the effectiveness of swallowing; 3) assessment of the effectiveness of the state of the respiratory function. The procedure of decannulation was successfully performed in 256 patients aged 18-78 (144 men and 112 women). An easy-to-use protocol for the preparation of adult patients who are conscious and independent of breathing is proposed for decannulation. After the procedure of decannulation, the patient should be under the supervision of medical staff for the first few days. After stoma closure, it is recommended to monitor patients for 3 months.

Keywords: tracheostomy, decannulation, decannulation protocol

References

- Bach, J. R., & Saporito, L. R. (1996). Criteria for Extubation and Tracheostomy Tube Removal for Patients With Ventilatory Failure. *Chest*, 110(6), 1566–1571. <https://doi.org/10.1378/chest.110.6.1566>
- Budweiser, S., Baur, T., Jörres, R. A., Kollert, F., Pfeifer, M., & Heinemann, F. (2012). Predictors of Successful Decannulation Using a Tracheostomy Retainer in Patients with Prolonged Weaning and Persisting Respiratory Failure. *Respiration*, 84(6), 469–476. <https://doi.org/10.1159/000335740>
- Ceriana, P., Carlucci, A., Navalesi, P., Rampulla, C., Delmastro, M., Piaggi, G., Mattia, E., & Nava, S. (2003). Weaning from tracheotomy in long-term mechanically ventilated patients: feasibility of a decisional flowchart and clinical outcome. *Intensive Care Medicine*, 29(5), 845–848. <https://doi.org/10.1007/s00134-003-1689-z>
- Choate, K., Barbetti, J., & Currey, J. (2009). Tracheostomy decannulation failure rate following critical illness: A prospective descriptive study. *Australian Critical Care*, 22(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2008.10.002>
- Cohen, O., Tzelnick, S., Lahav, Y., Stavi, D., Shoffel-Havakuk, H., Hain, M., Doron Halperin, D., & Adi, N. (2015). Feasibility of a single-stage tracheostomy decannulation protocol with endoscopy in adult patients. *The Laryngoscope*, 126(9), 2057–2062. <https://doi.org/10.1002/lary.25800>
- Hammond, C. A. S., & Goldstein, L. B. (2006). Cough and Aspiration of Food and Liquids Due to Oral-Pharyngeal Dysphagia. *Chest*, 129(1), 154S–168S. https://doi.org/10.1378/chest.129.1_suppl.154s
- Kutsukutsa, J., Mashamba-Thompson, T. P., & Saman, Y. (2017). Tracheostomy decannulation methods

How to Cite

Inkina, A. V., Nasedkin, A. N., & Garchev, N. S. (2019). Decannulation. Three steps to success. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s165>

- and procedures in adults: a systematic scoping review protocol. *Systematic Reviews*, 6, 239. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0634-0>
- Marchese, S., Corrado, A., Scala, R., Corrao, S., & Ambrosino, N. (2010). Tracheostomy in patients with long-term mechanical ventilation: A survey. *Respiratory Medicine*, 104(5), 749–753. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2010.01.003>
- O'Connor, H. H., Kirby, K. J., Terrin, N., Hill, N. S., & White, A. C. (2009). Decannulation Following Tracheostomy for Prolonged Mechanical Ventilation. *Journal of Intensive Care Medicine*, 24(3), 187–194. <https://doi.org/10.1177/0885066609332701>
- Rosenbek, J. C., Robbins, J. A., Roecker, E. B., Coyle, J. L., & Wood, J. L. (1996). A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*, 11(2), 93–98. <https://doi.org/10.1007/BF00417897>
- Rumbak, M. J., Graves, A. E., Scott, M. P., Sporn, G. K., Walsh, F. W., Anderson, W. M., & Goldman, A. L. (1997). Tracheostomy tube occlusion predict success tracheal decannulation follow long term mech vent. *Critical Care Medicine*, 25(3), 413–7. PMID: 9118655. <https://doi.org/10.1097/00003246-199703000-00007>
- Santus, P., Gramegna, A., Radovanovic, D., Raccanelli, R., Valenti, V., Rabbiosi, D., Vitacca, M., & Nava, S. (2014). A systematic review on tracheostomy decannulation: a proposal of a quantitative semiquantitative clinical score. *BMC Pulmonary Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2466-14-201>
- Singh, R. K., Saran, S., & Baronia, A. K. (2017) The practice of tracheostomy decannulation—a systematic review. *Journal of Intensive Care*, 5, 38 <https://doi.org/10.1186/s40560-017-0234-z>
- Stelfox, H., Crimi, C., Berra, L., Noto, A., Schmidt, U., Bigatello, L. M., & Hess, D. (2008). Determinants of tracheostomy decannulation: an international survey. *Critical Care*, 12(1), R26. <https://doi.org/10.1186/cc6802>.
- Tobin, A. E., & Santamaria, J. D. (2008). An intensivist led tracheostomy review team is associated with shorter decannulation times and length of stay: a prospective cohort study. *Critical Care*, 12(2), R48. <https://doi.org/10.1186/cc6864>
- Warnecke, T., Suntrup, S., Teismann, I. K., Hamacher, C., Oelenberg, S., & Dziewas, R. (2013). Standardized Endoscopic Swallowing Evaluation for Tracheostomy Decannulation in Critically Ill Neurologic Patients. *Critical Care Medicine*, 41(7), 1728–1732. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e31828a4626>

Современные подходы к лечению красного плоского лишая

Масюкова Светлана Андреевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: skin_net@mail.ru

Землякова Светлана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: svetzem@gmail.com

Ильина Инна Валентиновна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: il.inna2012@yandex.ru

Гладько Виктор Владимирович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: dr.gladko@mgupp.ru

Красный плоский лишай (КПЛ) - хроническое рецидивирующее воспалительное заболевание кожи. Несмотря на то, для лечения КПЛ назначается большое количество лекарственных препаратов, у части из них отсутствует четкая доказательная база, а часть лекарств может применяться не у всех пациентов из-за проблем с профилем безопасности. Цель этого исследования: проанализировать подходы к лечению больных КПЛ, чтобы помочь врачам выбрать оптимальный способ терапии таких пациентов. Обзор статей по лечению КПЛ проводился при помощи электронных баз данных Scopus, Web of Science, Medline, PubMed, elibrary.ru. Топические кортикостероиды и ингибиторы кальциневрина являются современными препаратами первой линии. В качестве других методов лечения используются системные и топические ретиноиды, метотрексат, циклоспорин, гидроксихлорохин, фототерапия и другие. К сожалению, отсутствуют крупные рандомизированные контролируемые исследования для подтверждения эффективности, безопасности и переносимости некоторых методов лечения КПЛ, и многие рекомендации основаны на исследованиях с небольшими размерами выборки, отсутствием стандартизированных показателей результатов, контролируемой продолжительности лечения. Следует отметить, что во всех случаях лечение больных КПЛ должно быть комплексным, индивидуальным. В то же время необходимо уделять внимание сопутствующим заболеваниям пациента, которые нередко осложняют течение кожного заболевания. Прогноз обычно благоприятный. Назначение лечения пациентам с КПЛ должно основываться на персонализированном подходе к каждому пациенту в зависимости от степени тяжести, формы, локализации и клинической картины.

Ключевые слова: системные препараты, ингибиторы кальциневрина, фототерапия, персонализированный подход

Введение

Красный плоский лишай (КПЛ) – распространенный дерматоз, характеризующийся зудящими гладкими, плоскими, полигональными папулами с пупкообразным вдавлением, поражающий кожу, слизистые оболочки, ногти. Чаще болеют женщины в возрасте от 35 до 55 лет. Этиология и патогенез заболевания изучены недостаточно (Иванов, 2007).

Заболевание рассматривается как хроническое аутоиммунное заболевание кожи с клеточно-опосредованным иммунным повреждением базальных кератиноцитов, которые распознаются как антиген-чужеродные или измененные (Ismail, Kumar, & Zain, 2007; Prabhu, Pavithran, & Sobhanadevi, 2002; Бажина, Кошкин, & Зайцева, 2017). Среди триггерных факторов манифестации КПЛ традиционно фигурируют инфекционные, нейрогенные, токсико-аллергические, иммунопатологические. В то же

время некоторые исследователи отводят ведущую роль в манифестации КПЛ психогенному воздействию, допуская возможное участие в данном процессе коморбидных депрессивных и тревожных расстройств (Дороженок, Снарская, & Шенберг; 2016; Иванова, & Щава, 2017). В свою очередь, развитию психических нарушений способствуют нозогенные проявления кожного заболевания. Так, у пациентов с КПЛ выявляются проблемы со сном, снижение настроения и тревожность (Дороженок, 2016). Заболевание имеет хронический и устойчивый характер течения. Кожная форма КПЛ демонстрирует спонтанную ремиссию у двух третей пациентов в течение первого года, а при КПЛ слизистых оболочек полости рта может протекать без ремиссии до пяти лет (Mignogna et al., 2002). Распространенность заболевания составляет от 0,1% до 4% (Федотова, Жукова, Круглова, & Пташинский, 2014; Zakrzewska, Chan, & Thornhill, 2005). По данным некоторых авторов, это заболевание широко распространено в Индии и странах Ближнего Востока (Kanwar & De, 2010; Kanwar & Belhaj, 1984). КПЛ слизистой оболочки рта характеризуется преимущественно рецидивирующим течением, выраженной воспалительной реакцией тканей и устойчивостью к различным терапевтическим мероприятиям (Чуйкин, Акмалова, Ронь, Чернышева, & Хонина, 2016; Македонова, Фирсова, & Поройский, 2018). Высокая частота поражаемости слизистой полости рта, его раннее выявление и своевременное лечение убедительно свидетельствуют о необходимости междисциплинарных взаимодействий дерматолога и стоматолога (Городилова, Гилева, Кошкин, & Халявина, 2016; Михальченко & Иванова, 2019). Описаны случаи ассоциации КПЛ с гепатитом С, хотя до сих пор не существует рационального научного объяснения этому факту (Sanchez-Perez et al., 1996; Nagao, Sata, Tanikava, Itoh, & Kameyama, 1995), а также случаи развития КПЛ после вакцинации против гепатита В (Ciaccio & Reboria, 1990, Tarakji et al., 2014). Установлено, что наличие хронической полисистемной соматической патологии у пациентов с КПЛ значительно усугубляет клиническое течение, снижает эффективность лечения и ухудшает прогноз основного заболевания (Ефанова, Васильева, & Русак, 2017). Проведенное исследование по оценке распространенности очагов хронической инфекции у больных Т-клеточноопосредованными дерматозами показало, что для ряда дерматозов, включая КПЛ, отдельные очаги фокальной инфекции являются значимыми и должны рассматриваться как возможные факторы риска развития и обострения заболевания (Патрушев, Самцов, Иванов, Сухарев

& Асфендиаров, 2018). Осложненное течение КПЛ слизистой полости рта может зависеть от четырех возможных очагов инфекции и ассоциированных с ними микроорганизмов: в полости рта — микробные маркеры *Pseudomonas aeruginosa*, *Nocardia* и *Streptococcus oralis*; в тонкой кишке — *Actinomycetes*, *E.coli*, *Cytomegalovirus*, *Streptococcus oralis*, *Prevotella*, *Bacillus cereus*, *Eubacterium lentum* *gr.A*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Nocardia* и в толстой кишке — *Streptococcus A*, *Staphylococcus intermedius* и *Clostridium perfringens*. Наибольшее количество микробных маркеров определялось у больных с эрозивно-язвенной формой и при присоединении десквамативного гингивита к любой форме КПЛ слизистой полости рта (Сурдина и др., 2018). Отмечено снижение общего числа микроорганизмов, характеризующих лактофлору, увеличение состава и количества условно-патогенной микроорганизмов (Григорьев, Жовтяк, & Летаева, 2014). Красный плоский лишай сочетается с системными заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта и гепатобилиарной системы, гипертонической болезнью, сахарным диабетом (Титаренко, Столярова, Сысолятин, & Байдик, 2018; Анисимова & Симонян, 2019).

Предполагается, что противомаларийные, нестероидные противовоспалительные, антигипертензивные, ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента или бета-ингибиторы способны вызвать лихеноидную лекарственную реакцию (Katta, 2000, Ismail et al., 2007).

В некоторых исследованиях изучалась возможная связь между интерлейкином-6 (ИЛ-6) и патогенезом КПЛ, особенно при тяжелых формах, путем выявления высоких концентраций ИЛ-6 в сыворотке пациентов с КПЛ, по сравнению с контрольной группой здоровых лиц (Sun, Chia, Chang, & Chiang, 2002; Rhodus et al., 2006).

На современном этапе оказания медицинской помощи лечение КПЛ должно быть персонифицированным в зависимости от степени тяжести, формы, локализации и клинической картины. Для лечения КПЛ применяется много методов лечения, при этом часть препаратов не рекомендуется назначать некоторым пациентам из-за неблагоприятного профиля безопасности.

Цель работы - обобщить данные и оценить существующие подходы к лечению КПЛ, чтобы оптимизировать лечение пациентов с этим хроническим заболеванием.

Материалы и методы

В обзор были включены статьи, монографии, опубликованные на английском и русском языках электронных баз данных Scopus, Web of Science, Medline, PubMed, elibrary.ru. Поиск был ограничен периодом с 1984 по 2019 год; В центре внимания были статьи, опубликованные в научных журналах, прошедшие процедуру рецензирования, подтверждающую ее качество.

Процедура исследования

Первичное сканирование баз данных Scopus, Web of Science, Medline, PubMed, elibrary.ru помогло выявить при помощи ключевых слов «красный плоский лишай», «формы красного плоского лишая», «методы лечения красного плоского лишая», «профиль безопасности», «персонифицированный подход» ряд исследований с заданным индексом цитирования. В результате поиска в базе данных была выбрана 141 статья для дальнейшего анализа и извлечения данных. Далее источники были ранжированы в рамках исследуемого временного промежутка. На следующем этапе нами были проанализированы пристатейные списки литературы в выделенных нами для анализа статьях за указанный период времени.

Результаты

Топические кортикостероиды с высокой активностью (клобетазол, галобетазол, бетаметазона дипропионат, флуоцинолона ацетонид, преднизолон, триамцинолона ацетонид) считаются терапией первой линии при КПЛ, особенно у пациентов с локализованной кожной формой (Иванов, 2007; Kanwar & De, 2010; Zakrzewska, Chan, & Thornhill, 2005; Kanwar & Belhaj, 1984; Corrocher et al., 2008). При правильном использовании отсутствуют системные побочные эффекты. Применение под окклюзионной повязкой усиливает клинический эффект, однако такой способ применения при использовании более трех недель увеличивает риск системной абсорбции и появления побочных эффектов (атрофия, телеангиэктазии, гипопигментация, стрии). Топические кортикостероиды могут назначаться в комбинации с другими системными лекарственными средствами для ускорения клинического ответа (Chauhan, De, Handa, Narang, & Saikia, 2018).

Большинство клинических испытаний, касающихся топических кортикостероидов, были сфокусиро-

ваны на применении при КПЛ слизистых оболочек, и лишь немногие исследования касались лечения кожных проявлений. В клинических исследованиях в основном сравнивали либо разные формы препаратов, либо разные топические кортикостероиды, или оба этих критерия. Например, спрей флутиказона пропионата и полоскание рта бетаметазоном натрия вызывали статистически значимое уменьшение боли без какого-либо существенного различия в рандомизированном перекрестном исследовании у 48 пациентов (Hegarty, Hodgson, Lewseym, & Porter, 2002). В другом исследовании (Thongprasom, Luavjarmekorn, Sererat, & Taweesar, 1992) выявили, что применение 0,1% флуоцинолона ацетонида статистически достоверно демонстрирует показатели полной ремиссии, по сравнению с применением 0,1% триамцинолона ацетонида после 4 недель лечения у 40 пациентов с поражением слизистой полости рта при КПЛ.

Было обнаружено, что лекарственная форма, состоящая из липидных микросфер, содержащая 0,025% клобетазола, действует аналогично обычной мази клобетазола с точки зрения заживления поражений и даже лучше с точки зрения контроля боли (Campisi et al., 2004).

Внутриочаговое введение бетаметазона сравнивали с внутриочаговым введением триамцинолона ацетонидом в рандомизированном контролируемом исследовании, в котором участвовали 59 пациентов с КПЛ ротовой полости. При применении бетаметазона достигнуты значительно более лучшие показатели заживления и более низкая частота рецидивов, по сравнению с триамцинолоном, хотя уменьшение интенсивности боли отмечалось как при применении бетаметазона, так и при применении триамцинолона (Liu et al., 2013). Интересно отметить, что частота возникновения побочных эффектов была значительно ниже при внутриочаговом применении.

Применение антимикотиков совместно с местными кортикостероидами является эффективной и безопасной профилактикой кандидоза слизистой оболочки (Carbone et al., 1999; Попова & Петрова, 2018).

Системные глюкокортикостероиды назначаются при резком обострении, при тяжелых или распространенных поражениях. Также они могут быть назначены пациентам, у которых местные кортикостероиды не эффективны (Usatine, & Tinitigan, 2011; Федотова и др., 2014). Чтобы не допускать или минимизировать побочные эффекты, не ставя под угрозу эффективность, была разработана но-

вая концепция пероральной мини-пульс-терапии (Malhotra, Khaitan, Sethuraman, & Sharma, 2008). Авторы сравнивали режим мини-пульс-терапии (5 мг бетаметазона перорально в течение двух последующих дней в неделю, по сравнению с применением пасты триамцинолона ацетонида 0,1%). В то время как общий клинический эффект был одинаковым в обеих группах, но быстрее эффект наступал при применении бетаметазона, а побочные эффекты были умеренными и быстро проходящими.

Комбинированное лечение пероральными и местными кортикостероидами было использовано для ускорения заживления эрозивно-болезненных проявлений КПЛ. Протокол включал 40 мг триамцинолона ацетонида (внутри очага, еженедельно в течение 3 недель) и преднизолон перорально (5 мг в день в течение 7 дней) (Kuo, Lin, Sun, & Wang, 2013).

Дозировка должна корректироваться в зависимости от тяжести поражения, массы тела пациента и предыдущего ответа на эти препараты. (Katta, 2000).

В то время как местные кортикостероиды традиционно считались основой лечения КПЛ, топические ингибиторы кальциневрина (ТИК; например, такролимус, пимекролимус) были признаны в качестве терапии второй линии, главным образом для эрозивной формы КПЛ слизистых оболочек (Corrocher et al., 2008). Такролимус – это макролидная молекула, продуцируемая *Streptomyces tsukubaensis*. ТИК также могут рассматриваться в качестве лечения первой линии.

Имеются убедительные доказательства в пользу эффективности мази такролимуса при лечении КПЛ слизистых полости рта: контролируемое рандомизированное клиническое исследование показало сходные результаты применения такролимуса 0,1% и мази клобетазола пропионата 0,05% после 3 недель лечения (Hettiarachchi, Hettiarachchi, Jayasinghe, & Sitheeque, 2017; Shipley & Spivakovsky, 2016; Guo, Zhao, Zhang, & Dong, 2015; Chamani et al., 2015).

Такролимус 0,1% обладает сходной эффективностью, как и паста триамцинолона ацетонида 0,1% в двойном рандомизированном контролируемом исследовании (Siponen, Huuskonen, Kallio-Pulkkinen, Nieminen, & Salo, T, 2017). Однако другое тройное клиническое исследование показало, что клобетазол 0,1% уменьшал площадь поражений быстрее и показал более высокую эффективность, чем триамцинолона ацетонид 0,1% или такролимус 0,03%. (Sivaraman et.al., 2016).

Такролимус достигает системного кровотока при

нанесении на кожу два раза в день, при этом наблюдается минимальное системное всасывание и отсутствие побочных эффектов (Undre, Moloney, Ahmadi, Stevenson, & Murphy, 2009). При нанесении на поражения слизистой оболочки отмечается более высокая концентрация препарата в системном кровотоке, однако также не наблюдается каких-либо побочных эффектов (Samyia & Lin, 2012). Другие лекарственные формы 0,1% такролимуса, например, ополаскиватель и порошок, также успешно применяются при КПЛ слизистых полости рта (Zuo, Li, Cai, Chen, 2013; Malik et al., 2012).

Пимекролимус является иммуномодулятором, 22-эпихлорпроизводным макролактама аскомицина, демонстрирующим более низкий иммуносупрессивный профиль, чем такролимус (Dissemond, Schroter, Franckson, Herbig, & Goos, 2004; Heneberg, Riegerova, & Kucera, 2015). Пимекролимус 1% эффективен в отношении боли, эритемы, площади поражения и общей тяжести заболевания при КПЛ полости рта (McCaughey, Machan, Bennett, Zone, & Hull, 2011), а также демонстрирует более ранний клинический ответ и меньшую частоту рецидивов после 4 недели терапии (Arunkumar, Kalappanavar, Annigeri, & Kalappa, 2015).

Как и в случае с такролимусом, пимекролимус при нанесении на кожу может также достигать системного кровотока без каких-либо значимых побочных эффектов (Volz et al., 2008). В исследовании, сравнивавшем два препарата, авторы пришли к выводу, что пимекролимус, по-видимому, более эффективен, чем такролимус, в отношении долгосрочного разрешения симптомов поражения слизистой при КПЛ (Arduino et al., 2014).

Долгосрочное применение топических ингибиторов кальциневрина требуется для поддержания первоначального клинического улучшения, т.к. рецидивы часто наблюдаются в течение 3-9 недель после прекращения лечения. Утверждалось, что это длительное применение повышает риск развития рака кожи и лимфом у людей и мышей (Morita et al., 2017; Niwa, Terashima, & Sum, 2003). Однако данных о таких наблюдениях недостаточно, чтобы сделать какие-либо четкие выводы.

Хорошую эффективность продемонстрировал пимекролимус в оригинальных надесневых капках при лечении КПЛ полости рта с выраженными отечно-болевым и геморрагическим симптомами, фиксированными на десне эрозиями и папулами, образованием глубоких пародонтальных карманов (Гилева, Кошкин, Либик, Городилова, & Халявина, 2017).

Поскольку нельзя полностью исключить развитие возможных серьезных побочных эффектов, следует обеспечить надлежащее наблюдение пациентов, которым длительно назначается топический такролимус, с целью раннего их выявления.

Системные ретиноиды (ацитретин, алитретиноин) эффективны при кожной форме КПЛ. Первое рандомизированное клиническое исследование с участием пациентов с КПЛ, получавших ацитретин, было опубликовано Laurberg с соавторами (Laurberg et al., 1991). У 64% пациентов, получавших ацитретин в дозировке 30 мг/день наблюдалась ремиссия или заметное улучшение, по сравнению с 13% пациентов, получавшим плацебо в течение 8 недель плацебо-контролируемого, двойного слепого исследования. Позже несколько клинических наблюдений подтвердили этот вывод при лечении таких форм КПЛ, как: кольцевая атрофическая (Euler, Garib, Thompson, Dahiya, & Swan, 2017), буллезная (Rallis, Liakopoulou, Christodoulouopoulos, & Katoulis, 2016), гипертрофическая (Alamri, Alsenaid, Ruzicka, & Wolf, 2016), ладонно-подошвенная (Solak, Kara, & Kosem, 2015), актиническая (Jansen, Gambichler, von Kobyletzki, Altmeyer, 2002), а также при КПЛ, сочетанном с красной волчанкой и миастенией (Alsenaid, Lang, Ruzicka, Braun-Falco, & Wolf, 2014).

Данные об эффективности алитретиноина более ограничены: его возможная эффективность предполагается при ногтевой форме КПЛ (Iorizzo, 2016) и обширных поражениях кожи, слизистых полости рта, пищевода (Kolios et al., 2013).

До назначения женщинам этих препаратов следует проконсультировать пациенток о тератогенности препаратов и необходимости контрацепции. Длительное применение лекарств может привести к нарушению функции печени.

Топические ретиноиды (третиноин, тазаротен, изотретиноин), как правило, часто вызывают реакцию раздражения, поэтому не рекомендуются для лечения слизистой оболочки полости рта. Однако, некоторые авторы наблюдали значительное уменьшение поражений на слизистой ротовой полости при назначении местного 0,05% третиноина два раза в день, по сравнению с плацебо (Boisnic, 1994) показали, что топический 0,05% третиноин был так же эффективен, как 0,05% бетаметазон у пациентов с КПЛ слизистой формой рта.

Тазаротен показал хороший эффект при деструктивной воспалительной ониходистрофии при КПЛ (Prevost & English, 2007). Рандомизированное плацебо-контролируемое исследование показало

благоприятное действие 0,1% геля тазаротена, назначаемого два раза в день 12 пациентам с поражением слизистой ротовой полости в течение 8 недель. Однако, отсутствуют данные о последующих рецидивах или безопасности препарата (Petruzzi et al., 2002).

0,1% липогель изотретиноина показал эффективность при назначении два раза в день в течение двух месяцев (Giustina et al., 1986).

Ряд авторов рекомендуют назначение системных ретиноидов, например, при фолликулярном опухолевидной КПЛ. Данные по применению топических ретиноидов противоречивы. Одни авторы считают, что они неэффективны, другие, что наблюдали положительный эффект (Чепуштанова, Горбунов, Белоусова, & Самцов, 2019).

Эффективность метотрексата связана с его ингибирующим действием на пролиферацию клеток эпидермиса и его Т-регуляторные лимфоциты. В рандомизированном контролируемом исследовании сравнивали эффективность перорального применения метотрексата с системными кортикостероидами у пациентов с генерализованным КПЛ: в исследовании приняли участие 158 пациентов, и одна группа пациентов получала метотрексат 10 мг один раз в неделю, а другая группа - кортикостероиды внутрь 40 мг в сутки в течение 8 недель. Метотрексат показал свою эффективность у 80% пациентов, в то время как кортикостероиды показали свою эффективность у 72% пациентов (Bakhtiar, Noor, & Paracha, 2018).

Дозировка метотрексата 15 мг в неделю в течение 12 недель использовалась в проспективном открытом исследовании с участием 18 пациентов с КПЛ слизистой ротовой полости. Частично эффект был достигнут у 83,3% пациентов (Lajevardi et al., 2016). В литературе также был описан случай применения метотрексата при редкой пемфигоидной форме КПЛ у детей с положительным эффектом (Duong, Marks, Sami, & Theos, 2012).

Метотрексат может применяться в сочетании с местными кортикостероидами и такролимусом, что способствует более высокой эффективности лечения. В случае комбинированной терапии было высказано предположение, что дозировка метотрексата может снижаться до 2,5-7,5 мг в неделю (Jang & Fischer, 2008).

Комплексное лечение таких больных с использованием экстракорпоральной фотохимиотерапии и метотрексата привело к исчезновению боли при

высокой удовлетворенности лечением и к существенному улучшению качества жизни больных. Через 3 года рецидив КПЛ отсутствовал у 38,9% пациентов. Длительный (более 1 года) безрецидивный период у пациентов и выраженный клинический эффект от использования метода при рецидиве болезни в каждом из 3 случаев также указывают на преимущества представленного метода лечения атипичного КПЛ кожи и слизистых оболочек полости рта (Молочков, Молочкова, Кильдюшевский, & Глазков 2017).

Иммуносупрессивный препарат циклоспорин при кожных заболеваниях может применяться местно или системно. В двух двойных слепых плацебо-контролируемых исследованиях сообщалось об эффективности местного применения циклоспорина при эрозивной форме КПЛ слизистой полости рта. Впоследствии в нескольких случаях было подтверждено, что местное применение циклоспорина может быть безопасной и эффективной альтернативой для лечения эрозивной формы КПЛ влагалища (Becherel et al., 1995) и ротовой полости, не отвечающего на лечение кортикостероидами (Eisen, Ellis, Duell, Griffiths, & Voorhees, 1990).

Двойное рандомизированное контролируемое исследование у 40 пациентов показало, что клобетазол был более эффективным, чем местный циклоспорин в отношении времени наступления клинического улучшения, но его клиническое преимущество было менее стабильным после прекращения терапии. Кроме того, применение клобетазола показало более высокую частоту побочных эффектов. Ежедневные затраты на циклоспорин были в пять раз выше, чем у клобетазола (Conrotto et al., 2006).

Важно отметить, что местный циклоспорин следует применять в виде пасты, так как другие формы (биоадгезивная основа или жидкость для полоскания рта) показали частичную эффективность или ее отсутствие (Epstein & Truelove, 1996). При вторичной ульцерации подошв при КПЛ полное заживление достигается только при применении системного циклоспорина (Renner, Treudler, Gebhardt, & Simon, 2009). В некоторых клинических случаях отмечалась положительная динамика во время лечения циклоспорином при тяжелом и резистентном течении КПЛ: при эрозивной КПЛ слизистой оболочки (Boyce, Marshman, & Mills, 2009), буллезной (Washio, Nakamura, Fukuda, Hashimoto, & Horikawa, 2013), актинической (Gallo, Ayala, & Ayala, 2008), ладонно-подошвенной формах КПЛ (Karakatsanis, Patsatsi, Kastoridou, & Sotiriadis,

2007), КПЛ головки полового члена (Schmitt, Pigatto, Boneschi, Bigardi, & Finzi, 1993) и ногтей (Florian, Angelika, & Ernst, 2014).

Дозировка для перорального циклоспорина составляла 3-5 мг/кг/сутки. Высокие дозировки и длительное применение циклоспорина может вызывать повышение артериального давления и нарушения функции почек.

Микофенолата мофетил является пролекарством микофеноловой кислоты, ингибитором двух изоформ инозин-монофосфат-дегидрогеназы. Микофеноловая кислота обладает более сильным цитостатическим действием на лимфоциты, чем на клетки других типов, и это основной механизм, при котором микофенолата мофетил оказывает прямое иммуносупрессивное действие без какого-либо серьезного нарушения клеток других систем (Allison & Eugui, 2000).

Описаны случаи применения препарата при КПЛ слизистых и кожи (Nagao & Sata, 2012) и при диссеминированном гипертрофическом и буллезном КПЛ (Frieling, Bonsmann, Schwarz, Luger, & Beissert, 2003).

Обычная дозировка препарата составляет 2-3 г/сутки, которая может быть уменьшена до 1г в сутки при улучшении состояния пациента. Отмечаются побочные эффекты со стороны желудочно-кишечного тракта и снижение уровня лейкоцитов. Если количество лейкоцитов составляет менее 3500-4000 клеток/мм³, следует прекратить лечение.

Гидроксихлорохин применяется в лечении кожной формы волчанки, фоточувствительных дерматозов, кожной порфирии, саркоидоза кожи и других воспалительных заболеваний. Несмотря на то, что многие иммуномодулирующие эффекты гидроксихлорохина плохо изучены, противовоспалительный эффект может быть обусловлен снижением повышенного уровня регуляторных Т-клеток (Васильева, Ефанова, Русак, & Улитина, 2017).

У 10 пациентов с КПЛ слизистой ротовой полости, получавших 200-400 мг гидроксихлорохина ежедневно в качестве монотерапии в течение 6 месяцев, отмечалось облегчение боли и уменьшение эритемы обычно через 1-2 месяца терапии, но полное заживление эрозий наблюдалось через 3-6 месяцев (Eisen, 1993). Полное разрешение было описано при актинической и кольцевидной атрофической формах КПЛ в комбинации с ацитретином (Eyler et al., 2017)

Гидроксихлорохин назначается системно. Однако, новая форма в виде геля продемонстрировала многообещающий подход при лечении КПЛ ротовой полости, по сравнению с плацебо (Bendas, Abdullah, EI-Komy, & Kassem, 2013). Пациентам, длительно получающим гидроксихлорохин, необходимо регулярно проводить обследование сетчатки глаза.

Дапсон - сульфоновый препарат, обычно используемый в сочетании с клофазимином и рифампицином для лечения лепры. Его потенциальная эффективность при воспалительных заболеваниях, опосредованных лимфоцитами, была предложена при генерализованном (Basak P. U. & Basak K., 2002), буллезном (Camisa, Neff, Rossana, & Barrett, 1986) и эрозивном КПЛ (Beck & Brandrup, 1986)

После проведения нескольких исследований был сделан вывод о том, что из-за частого использования дапсона в качестве комбинированной терапии точный эффект дапсона трудно оценить (Verma & Pandhi, 2015;). В другом исследовании этот препарат показал такую же эффективность, как и местный триамцинолон (Singh, Rai, Aftab, Jain, & Singh, 2017).

Наиболее частыми побочными эффектами являются метгемоглобинемия и гемолитическая анемия. Эти дозозависимые побочные эффекты чаще встречаются у пациентов с дефицитом глюкоза-6-фосфатдегидрогеназы, поэтому уровень этого фермента должен быть исследован у пациентов до начала терапии. Длительное назначение дапсона в стандартных дозах (100 мг/день) обычно приводит к метгемоглобинемии в 15% случаев, что не имеет клинического значения (Coleman et al., 1992). Агранулоцитоз встречается редко.

Эноксапарин натрия - широко используемый антикоагулянтный препарат, являющийся единственным производным гепарина, противовоспалительные свойства которого оценивались при КПЛ. Первое доказательство клинического использования этого препарата при КПЛ было описано Hodak et al. (1998). Позже аналогичные результаты были получены Stefanidou, Ioannidou, Panayiotides, & Tosca (1999). Сообщалось об успешном лечении ладонно-подошвенной гиперкератотической (Yasar et al., 2011) и язвенной (Neville, Hancox, Williford, & Yosipovitch, 2007) форм КПЛ. Отмечен положительный эффект от местного применения препарата при лечении кожной формы КПЛ (Muraio & Kubo, 2013).

Профиль безопасности был проанализирован в ходе исследования с участием 37 больных, стра-

дающих КПЛ. Это исследование показало, что 29 пациентов (78,4%) имели побочные эффекты, а у остальных наблюдались реакции раздражения, кровоизлияния и головная боль. Побочные эффекты не требовали лечения, поскольку проходили самостоятельно (Khan & Khondker, 2012).

У семи пациентов степень зуда уменьшилась у двух пациентов, а у остальных пяти пациентов не наступило улучшения после назначения 5 мг эноксапарина в течение 6 недель (Ferahbas, Uksal, Kutlugun, & Kontas, 2003).

По-видимому, требуется проведение более качественных клинических исследований, чтобы изучить эффективность, безопасность и переносимость эноксапарина при лечении КПЛ в будущем.

В связи с тем, что фактор некроза опухоли альфа (TNF- α) участвует в патогенезе КПЛ, целесообразно использовать ингибиторы TNF- α (этанерцепт, адалимумаб) для его лечения. Эти препараты показали убедительные доказательства безопасности и эффективности лечения псориаза средней и тяжелой степени. Тем не менее, клинический эффект от применения блокаторов TNF- α при КПЛ, описанный в литературе, довольно парадоксален: есть публикации, подтверждающие некоторую эффективность этанерцепта и адалимумаба при КПЛ ногтей (Irla, Schneider, Haneke, & Yawalkar, 2010) и распространенного КПЛ, включающего поражение слизистых (Chao, 2009), при этом есть исследования, описывающие появление лихеноидных высыпаний, вызванных этанерцептом и адалимумабом (Inoue et al., 2017).

Все эти статьи показывают, что мощные иммуносупрессоры могут вызывать про-воспалительные реакции. Было высказано предположение (Asarch et al., 2009, что ингибиторы TNF-альфа могут провоцировать развитие лихеноидных реакций путем нарушения баланса между TNF-альфа и интерфероном-альфа.

Апремиласт - пероральный препарат, являющийся ингибитором фосфодиэстеразы 4 типа и предназначенный для лечения псориаза и псориатического артрита, был одобрен в 2014 году. Ингибирование фосфодиэстеразы 4 типа повышает внутриклеточный уровень цАМФ, что, в свою очередь, ингибирует секрецию воспалительных цитокинов и стимулирует секрецию противовоспалительных цитокинов (Gisondi & Girolomoni, 2016). В исследованиях была показана клиническая эффективность при КПЛ кожи и слизистых полости рта (Bettencourt, 2016).

Необходимы дальнейшие исследования для оценки эффективности профиля безопасности апремиласта при КПЛ, т.к. этот метод лечения применяется только в течение нескольких лет, и в настоящее время нет данных о долгосрочной безопасности препарата.

Назначение азатиоприна для лечения КПЛ является показанием *off-label* (Schram et al., 2011). В настоящее время нет достоверных данных о безопасности препарата. Азатиоприн ограниченно применяется при генерализованной, эрозивной и тяжелой форме КПЛ, не отвечающей на стандартные методы лечения (Verma, Mittal, & Manchanda, 2001). Пациентам, длительно получающим этот препарат, необходимо применять солнцезащитный крем и регулярно контролировать показатели крови и функцию печени.

Сульфасалазин представляет собой сочетание аспириноподобного противовоспалительного и серосодержащего антибиотикоподобного компонента. Он использовался при ревматоидном артрите и воспалительных заболеваниях кишечника в течение многих лет. Первое доказательство эффективности сульфасалазина при КПЛ было продемонстрировано в исследовании, включающем 20 пациентов (Bauza A., Espana A., Gil P., Lloret P., & Doval 2005). В другом рандомизированном плацебо-контролируемом двойном клиническом исследовании с участием 52 пациентов были получены аналогичные результаты после 6-недельного лечения сульфасалазином в дозировке 2,5 г в день (Omidian, AyooBi, Mapar, Feily, & Cheraghian, 2010).

В то же время были описаны лихеноидные реакции у пациентов с ревматоидным артритом во время терапии сульфасалазином (Ghosh, Jain V, Chaudhuri, & Mathur, 2013).

Наружная форма сульфасалазина использовалась для лечения КПЛ ротовой полости. Исследователи предполагают, что высокие концентрации IL-1 β и IL-8 в слюне пациентов с КПЛ являются многообещающими индикаторами эффективности данной терапии в случаях, резистентных к стероидам (Jeong, Na, Park, Ahn, & Chung, 2016).

Рандомизированное двойное слепое контролируемое исследование у 69 пациентов с эрозивной формой КПЛ ротовой полости показало, что 1% паста талидомида имеет аналогичные результаты, наблюдаемые при использовании 0,043% пасты дексаметазона (Wu et al., 2010). До настоящего времени опубликовано лишь несколько работ, подтверждающих местное использование этого пре-

парата в качестве монотерапии при КПЛ (Camisa & Popovsky, 2000) или в сочетании с топическим такролимусом (Petropoulou, Kontochristopoulos, Kalogirou, Panteri, & Zako-poulou, 2006). При этом лихеноидные реакции также были описаны при применении талидомида (Bez, Lodi, Sardella, Della Volpe, & Carrassi, 1999). В отношении талидомида требуются дальнейшие рандомизированные клинические исследования для уточнения показаний для его назначения при КПЛ.

Назначение наружных производных витамина D (кальцитриол) при КПЛ основано на их регуляторном действии на рост, дифференцировку кератиноцитов и противовоспалительной способности. Эти препараты могут применяться в виде монотерапии или в сочетании с местными кортикостероидами. Помимо временного ощущения жжения, производные витамина D демонстрируют благоприятный профиль безопасности без каких-либо долгосрочных побочных эффектов, по сравнению с лечением топическими глюкокортикостероидами.

В рандомизированном контролируемом исследовании показано, что кальцитриол не является более эффективным, чем бетаметазон (Theng et al., 2004). Этот препарат эффективно использовался в случае одностороннего гипертрофического красного плоского лишая (De Paola, Fimiani, Batsikosta, Pisani, & Bilench, 2014).

Другие исследователи предположили, что местный кальцитриол может рассматриваться как альтернатива при КПЛ, но не как препарат первой линии (Bayramgurler, Apaydin, & Bilen, 2002).

Перспективность применения показали мукоадгезивные препараты при поражении слизистой полости рта, содержащие комплекс витаминов: С, Е, бета-каротин, которые способствуют нормализации метаболических процессов в очаге воспаления и высокой регенерации слизистой оболочки (Федотова, Фирсова, & Македонова, 2018).

Ангипротекторы. Выявленные у пациентов с КПЛ и псориазом изменения сывороточных уровней аутоантител, в т.ч. аутоантител, характеризующих сосудистые изменения, вероятно, оказались следствием ухудшения клиренса соответствующих органов от продуктов естественного катаболизма. Стойкие признаки ангио- и тромбопатии сохранялись у этих больных и после курса кислородно-озоновой терапии. Исследователи выявили изменения уровней специфических аутоантител к сосудистым аутоантигенам у больных КПЛ, устойчивые к проводимой ангиотропной физиотерапии, очевидно,

отражают наличие стойких признаков патологии сосудов и тромбопатии. Следовательно, учитывая выявленные признаки аутоиммунного поражения сосудов, включение в комплексное лечение данных дерматозов медикаментозных препаратов, обладающих ангиопротекторным, антиагрегантным и вазодилатирующим действиями, имеет существенное значение для достижения терапевтического эффекта (Кошелева, Кливитская, & Гаджиева, 2016).

Большинство противогрибковых препаратов, аналогично антибиотикам и противопаразитарным препаратам, в определенной степени обладают противовоспалительной активностью. Некоторые исследования показывают некоторую эффективность гризеофульвина и итраконазола в лечении кожной формы КПЛ и КПЛ слизистых (Libow & Coats, 1998).

Однако, некоторые исследователи считают, что риски гризеофульвина превосходят его небольшой клинический эффект.

Метронидазол имеет слабую доказательную базу при лечении КПЛ. Хотя некоторые исследования показывают хороший эффект при дозировке 250 мг каждые восемь часов (Rasi et al., 2010). В другом исследовании, включавшем 19 пациентов, дозировка метронидазола была выше (500 мг 2 раза в день), полный регресс высыпаний отмечался в 78,9% случаев (Büyüк & Kavala, 2000)

Фототерапия. Механизм, с помощью которого узкополосное UVB-излучение улучшает течение КПЛ, остается неясным, но предполагается, что это связано с фотоиндуцированным апоптозом Т-клеток или с противовоспалительным и иммуносупрессивным эффектами облучения (Молочкова, Романко, Перлаутров, & Секирин, 2018). ПУВА-терапия дает начальный клинический ответ даже лучше, чем терапия UVB-311 нм; однако как ПУВА-терапия, так и UVB-311 нм дают одинаковые отдаленные результаты (Wackernagel et al., 2007). В рандомизированном клиническом исследовании, сравнивающем эффективность пероральных кортикостероидов и узкополосной UVB-терапии, последняя оказалась такой же эффективной, как и пероральные кортикостероиды, для лечения генерализованной кожной формы КПЛ (Iraji et al., 2011). Фототерапия может проводиться в тех случаях, когда есть противопоказания для назначения системных кортикостероидов или иммунодепрессантов, или в случаях генерализованного или локализованного КПЛ, когда поражаются определенные области, например, половые органы (Reichrath, Reinhold, & Tilgen, 2002).

Некоторые исследователи сообщают, что фототерапия может вызывать КПЛ. Описаны случаи появления высыпаний через несколько месяцев после проведения ПУВА-терапии с кумулятивной дозой 156 Дж/см². Предполагается, что повреждение клеток, вызванное ПУВА-терапией, может представлять некоторые антигены аутореактивным лимфоцитам и вызывать КПЛ (Nanda, Grover, & Reddy, 2003). При появлении высыпаний следует прекратить ПУВА-терапию и в некоторых случаях применение пероральных кортикостероидов. Описан случай вторичной гиперпигментации после применения реПУВА-терапии при генерализованной форме КПЛ (Carlin, Florell, & Krueger, 2002).

В исследовании были получены положительные результаты применения полихроматического некогерентного излучения низкой интенсивности у больных КПЛ с ониходистрофиями. Клиническую эффективность фототерапии оценивали с учётом дерматологического индекса, динамики изменения структур аппарата ногтя. Через 4 месяца индекс, отражающий тяжесть патологического процесса, в группе пациентов, получавших только медикаментозное лечение, снизился на 74%, а в группе, получавшей дополнительно фототерапию с применением полихроматического некогерентного поляризованного света, в среднем на 96% (Шахнович, Котенко, & Левшин, 2017).

Заключение

Проблема лечения КПЛ представляет собой актуальную и до конца не изученную задачу в дерматологии. В статье были проанализированы различные методы лечения различных форм КПЛ - распространенного хронического воспалительного заболевания кожи, слизистых оболочек, ногтей, исходя из современных представлений о патогенезе заболевания и персонифицированных подходах к назначению лечения. Можно сделать вывод о том, что топические кортикостероиды и ингибиторы кальциневрина являются препаратами первой линии, в то время как в отношении других методов лечения однозначных сведений нет, поскольку крупные рандомизированные контролируемые исследования отсутствуют или их данные противоречивы. Некоторые рекомендации характеризуются отсутствием стандартизированных критериев оценки результатов и незначительностью продолжительностью исследования. Пока существует очень ограниченное количество доказательств эффективности всех методов лечения в случаях умеренной и тяжелой степени заболевания и не отвечающих на терапию первой линии. С целью уточнения

эффективности применения препаратов существует потребность в большем количестве плацебо-контролируемых рандомизированных клинических исследований при всех методах лечения и формах со стандартизированными показателями. Перспективными можно считать проведение рандомизированных клинических исследований с использованием современных противовоспалительных средств (например, апремиласта). Следует отметить, что во всех случаях лечение больных КПЛ должно быть комплексным, индивидуальным. В то же время необходимо уделять внимание сопутствующим заболеваниям пациента, которые нередко осложняют течение кожного заболевания. Прогноз обычно благоприятный. Назначение лечения пациентов с КПЛ должно основываться на индивидуальном подходе к каждому пациенту. Назначение лечения пациентам с КПЛ должно основываться на персонифицированном подходе к каждому пациенту в зависимости от степени тяжести, формы, локализации и клинической картины.

Литература

- Анисимова, И. В., & Симонян, Л. А. (2019). Частота сочетания красного плоского лишая с соматической патологией и местными неблагоприятными факторами полости рта. *Проблемы стоматологии*, 15(1), 16-22.
- Бажина, И. И., Кошкин, С. В., & Зайцева, Г. А. (2017). Характер изменений иммунологических показателей у пациентов с красным плоским лишаем. *Вятский медицинский вестник*, 3(55), 28-30.
- Васильева, Е. А., Ефанова, Е. Н., Русак, Ю. Э., Улитина, И. В. (2017). Атипичные формы красного плоского лишая: клиническое наблюдение. *Лечащий врач*, 2, 86.
- Гилева, О. С., Кошкин, С. В., Либик, Т. В., Городилова, Е. А., & Халявина И. Н. (2017). Пародонтологические аспекты заболеваний слизистой оболочки полости рта: красный плоский лишай. *Пародонтология*, 3(84), 9-14.
- Городилова, Е. А., Гилева, О. С., Кошкин, С. В., & Халявина, И. Н. (2016). Междисциплинарные подходы к комплексному лечению больных с распространенным красным плоским лишаем кожи и слизистой оболочки рта: роль протетического лечения. *Вятский медицинский вестник*, 4(52), 20-26.
- Григорьев, С. С., Жовтяк, П. Б., & Летаева, О. В. (2014). Красный плоский лишай слизистой оболочки рта. Обзор литературы. *Стоматология*, 5(119), 8-15.
- Дороженок, И. Ю., Снарская, Е. С., & Шенберг, В. Г. (2016). Красный плоский лишай и ассоциированные психосоматические расстройства. *Вестник дерматологии и венерологии*, 4, 27-32.
- Ефанова, Е. Н., Васильева, Е. А., & Русак, М. Ю. (2017). Сочетание красного плоского лишая, склероатрофического лишая и бляшечной склеродермии у пациентки с аутоиммунным тиреоидитом. *Здоровье и образование в XXI веке*, 19(7), 29-32.
- Иванов, О. Л. (Ред.). (2007). *Кожные и венерические болезни*. Издательство «Медицина».
- Иванова, И. Н., & Щава, С. Н. О сочетании красного плоского лишая и рака молочной железы (2017). *Клиническая дерматология и венерология*, 4, 76-79. doi.org/10.17116/klinderma201716476-79
- Кошелёва, И. В., Кливитская, Н. А., & Гаджиева Р. М. (2016). Сосудистые нарушения у больных дерматозами. *Фарматека*, 19, 56-61.
- Македонова, Ю. А., Фирсова, И. В., & Поройский, С. В. (2018). Иммунологическое изучение цитокинового профиля при лечении больных красным плоским лишаем слизистой оболочки полости рта. *Пародонтология*, 14 (3), 48-51. https://doi.org/10.25636/PMP.1.2018.3.8
- Михальченко, В. Ф., & Иванова, И. Н. (2019). Случай успешного лечения больной эрозивно-язвенной формой красного плоского лишая. *Вестник ВолГМУ*, 1, 34-36. https://doi.org/10.19163/1994-9480-2019-1(69)-34-36
- Молочков, А. В., Молочкова, Ю. В., Кильдюшевский А. В., & Глазков А. А. (2017). Экстракорпоральная фотохимиотерапия и метотрексат в лечении атипичного красного плоского лишая полости рта. *Альманах клинической медицины*, 45 (8), 644-651. https://doi.org/10.18786/2072-0505-2017-45-8-644-651
- Молочкова, Ю. В., Романко, Ю. С., Перламутров, Ю. Н., & Секирин А. Б. (2018). Методы лучевой терапии красного плоского лишая. *Фарматека*, 5, 13-17.
- Патрушев, А. В., Самцов, А. В., Иванов, А. М., Сухарев А. В., & Асфендиаров Д. Д. (2018). Распространенность очагов хронической инфекции у больных дерматозами. *Вестник дерматологии и венерологии*, 1, 30-38. https://doi.org/10.25208/0042-4609-2018-94-3-30-38
- Попова Л. Г., & Петрова Т. Г. (2018.). Особенности комплексной терапии предраковых форм красного плоского лишая. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 4, 94-100. https://doi.org/10.31549/2542-1174-2018-4-94-100
- Сурдина, Э. Д., Родионов, Г. Г., Силин, А.В., Плавинский, С. Л., & Каспина, А. И., Болотова М. Е., Ворошилова Т. М. (2017). Оценка микробиоты полости рта, тонкой и толстой кишки у больных красным плоским лишаем слизистой оболочки рта. *Пародонтология*, 2(83), 47-52.
- Титаренко, М. А., Столярова, В. А., Сысолятин, П. Г., & Байдик, О. Д. (2018). Роль гастроинтестиналь-

- ной патологии в развитии и тяжести течения красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта. *Бюллетень сибирской медицины*, 17(3), 151–156.
- Федотова, К. Ю., Жукова, О. В., Круглова, Л. С., & Пташинский, Р. И. (2014). Красный плоский лишай: этиология, патогенез, клинические формы, гистологическая картина и основные принципы лечения. *Клиническая дерматология и венерология*, 12(6), 9–20.
- Федотова, Ю. М., Фирсова, И. В., & Македонова, Ю. А. (2018). Эффективность различных мукоадгезивных средств при лечении эрозивной формы красного плоского лишая. *Крымский терапевтический журнал*, 2, 39–43.
- Чепуштанова, К. О., Горбунов, Ю. Г., Белоусова, И. Э., & Самцов, А. В. (2019). Фолликулярный опухолевидный красный плоский лишай (lichen planus follicularis tumidus). *Вестник дерматологии и венерологии*, 93(1), 46–51.
- Чуйкин, С. В., Акмалова, Г. М., Ронь, Г. И., Чернышева, Н. Д., & Хонина, Т. Г. (2016). Оценка клинической эффективности фармакологической композиции на основе кремнийцинкорганического глицерогидрогеля в комплексном лечении красного плоского лишая слизистой оболочки рта. *Клиническая стоматология*, 1, 60–63.
- Шахнович, А. А., Котенко, К. В., & Левшин, Р. Н. (2017). Опыт применения полихроматического некогерентного поляризованного света у больных ониходистрофиями, сопряженными с красным плоским лишаем. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*, 16(4), 204–207.
- Alamri, A., Alsenaid, A., Ruzicka T., & Wolf, R. (2016). Hypertrophic lichen planus - successful treatment with acitretin. *Dermatologic Therapy*, 29, 173–176. <https://doi.org/10.1111/dth.12337>
- Allison, A. C., & Eugui, E. M. (2000). Mycophenolate mofetil and its mechanisms of action. *Immunopharmacology*; 47(2-3), 85–118. [https://doi.org/10.1016/s0162-3109\(00\)00188-0](https://doi.org/10.1016/s0162-3109(00)00188-0)
- Alsenaid A, Eder I, Ruzicka T, Braun-Falco M, & Wolf R. (2014). Successful treatment of nail lichen planus with alitretinoin: report of 2 cases and review of the literature. *Dermatology*, 11, 229(4), 293–296 <https://doi.org/10.1159/000365655>
- Arduino P. G., Carbone M., Della Ferrera F., Elia A., Conrotto D., Gambino A., Comba A., Calogiuri P. L., & R. Broccoletti (2014). Pimecrolimus vs. tacrolimus for the topical treatment of unresponsive oral erosive lichen planus: a 8 week randomized double-blind controlled study. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 28(4), 475–482. <https://doi.org/10.1111/jdv.12128>
- Arunkumar S., Kalappanavar A. N., Annigeri R. G., & Kalappa S. G. (2015). Relative efficacy of pimecrolimus cream and triamcinolone acetonide paste in the treatment of symptomatic oral lichen planus. *Indian Journal of Dentistry*, 6(1), 14–19. <https://doi.org/10.4103/0975-962X.151692>
- Asarch, A., Gottlieb, A. B., Lee, J., Masterpol K. S., Scheinman P. L., Stadecker M. J., Massarotti E. M., & Bush M. L. (2009). Lichen planus-like eruptions: An emerging side effect of tumor necrosis factor-alpha antagonists. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 61(1), 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2008.09.032>
- Bakhtiar, R., Noor, S. M., & Paracha, M. M. (2018). Effectiveness of oral methotrexate therapy versus systemic corticosteroid therapy in treatment of generalised lichen planus. *Journal of the college of Physicians and Surgeons Pakistan*, 28(7), 505–508. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2018.07.505>
- Basak P.Y., & Basak K. (2002). Generalized lichen planus in childhood: is dapsone an effective treatment modality? *The Turkish Journal of Pediatrics*, 44(4), 346–348. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12458814/>
- Bauza A., Espana A., Gil P., Lloret P., & Vazquez Doval F.J. (2005). Successful treatment of lichen planus with sulfasalazine in 20 patients. *International Journal of Dermatology*, 44(2): 158–162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2005.02070.x>
- Bayramgurler, D., Apaydin, R., & Bilen, N. (2002). Limited benefit of topical calcipotriol in lichen planus treatment: A preliminary stud. *The Journal of Dermatological Treatment*, 13(3), 129–132. <https://doi.org/10.1080/09546630260199497>
- Becherel, P. A., Chosidow, O., Boisnic, S., Moyal-Barraco, M., Pelisse M., Reigneau, O., & Francès C. (1995). Topical cyclosporine in the treatment of oral and vulvar erosive lichen planus: a blood level monitoring study. *Archives of Dermatology*, 131(4), 495–496. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7726602/>
- Beck, H.I., Brandrup, F. (1986) Treatment of erosive lichen planus with dapsone. *Acta Dermato-Venereologica*, 66(4), 366–367.
- Bendas, E. R., Abdullah, H., EI-Komy, M. H., & Kassem, M. A. (2013). Hydroxychloroquine niosomes: A new trend in topical management of oral lichen planus. *International Journal of Pharmaceutics*, 458(2) 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2013.10.042>
- Bettencourt M. (2016). Oral lichen planus treated with Apremilast. *Journal of Drugs in Dermatology*, 15(8), 1026–1028. <https://jddonline.com/articles/dermatology/S1545961616P1026X>
- Bez, C., Lodi, G., Sardella, A., Della Volpe, A., & Carrassi, A. (1999). Oral lichenoid lesions after thalidomide treatment. *Dermatology*, 199(2), 195. <https://doi.org/10.1159/000018244>
- Büyük, A. Y., & Kavala, M. (2000). Oral metronidazole treatment of lichen planus. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 43(2 Pt 1), 260–262.

- <https://doi.org/10.1067/mjd.2000.104683>
- Boisnic, S., Branchet, M. C., Pascal, F., Ben Slama, L., Rostin, M., & Szpirglas, H. (1994). Topical tretinoin in the treatment of lichen planus and leukoplakia of the mouth mucosa. A clinical evaluation. *Annales de Dermatologie et de Venereologie* 121(6-7), 459-463. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7535512/>
- Boyce, A.E., Marshman, G., & Mills, R.A. (2009). Erosive mucosal lichen planus and secondary epiphora responding to systemic cyclosporin A treatment. *The Australasian Journal of Dermatology*, 50(3), 190-193. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.2009.00536.x>
- Camisa, C., Neff, J. C., Rossana, C., & Barrett, J. L. (1986). Bullous lichen planus: diagnosis by indirect immunofluorescence and treatment with dapsone. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 14(3), 464-469. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(86\)70058-3](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(86)70058-3)
- Camisa, C., & Popovsky, J. L. (2000). Effective treatment of oral erosive lichen planus with thalidomide. *Archives of Dermatology*, 136(12), 1442-1443. <https://doi.org/10.1001/archderm.136.12.1442>
- Campisi, G., Giandalia, G., De Caro, V., Di Liberto, C., Arico, P., & Giannola, L. I. (2004). A new delivery system of clobetasol-17-propionate (lipid-loaded microspheres 0.025%) compared with a conventional formulation (lipophilic ointment in a hydrophilic phase 0.025%) in topical treatment of atrophic/erosive oral lichen planus. A Phase IV, randomized, observer-blinded, parallel group clinical trial. *The British Journal of Dermatology*, 150(5), 984-990 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2004.05943.x>
- Carbone, M., Conrotto, D., Carrozzo, M., Broccoletti, R., Gandolfo, S., & Scully, C. (1999). Topical corticosteroids in association with miconazole and chlorhexidine in the long-term management of atrophic-erosive oral lichen planus: a placebo-controlled and comparative study between clobetasol and fluocinonide. *Oral Diseases*, 5(1), 44-49. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.1999.tb00063.x>
- Carlin, C. S., Florell, S. R., & Krueger, G. G. (2002). Induction of dramatic hyperpigmentation in a patient with generalized lichen planus treated with re-PUVA. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*; 6(2), 125-127. <https://doi.org/10.1007/s10227-001-0036-7>
- Chamani, G., Rad, M., Zarei, M. R., Lotfi, S., Sadeghi, M., & Ahmadi, Z. (2015). Efficacy of tacrolimus and clobetasol in the treatment of oral lichen planus: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dermatology*, 54(9), 996-1004. <https://doi.org/10.1111/ijd.12925>
- Chao, T. J. (2009). Adalimumab in the management of cutaneous and oral lichen planus. *Cutis* 84(6), 325-328. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20166574/>
- Chauhan, P., De, D., Handa S., Narang, T., & Saikia, U. N. (2018). A prospective observational study to compare efficacy of topical triamcinolone acetonide 0.1% oral paste, oral methotrexate, and a combination of topical triamcinolone acetonide 0.1% and oral methotrexate in moderate to severe oral lichen planus. *Dermatologic Therapy*, 31(1), 1-6. e12563. <https://doi.org/10.1111/dth.12563>
- Ciaccio, M., & Reboria, A. (1990). Lichen planus following HBV vaccination: A coincidence? *The British Journal of Dermatology*, 122(3), 424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1990.tb08294.x>
- Coleman, M. D., Rhodes, L. E., Scott, A. K., Verbov, J. L., Friedmann, P. S., Breckenridge, A. M., & Park, B. K. (1992). The use of cimetidine to reduce dapsone-dependent methaemoglobinaemia in dermatitis herpetiformis patients. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 34(3), 244-249. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.1992.tb04131.x>
- Conrotto, D., Carbone, M., Carrozzo, M., Arduino, P., Broccoletti, R., Pentenero, M., & Gandolfo, S. (2006). Ciclosporin vs. clobetasol in the topical management of atrophic and erosive oral lichen planus: a double-blind, randomized controlled trial. *The British Journal of Dermatology*, 154(1), 139-145. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06920.x>
- Corrocher, G., Di Lorenzo, G., Martinelli, N., Mansueto, P., Biasi D., Nocini, P. F., Lombardo, G., Fior, A., Corrocher, R., Bambara, L. M., Gelio, S., & Pacor, M. L. (2008). Comparative effect of tacrolimus 0.1 % ointment and clobetasol 0.05% ointment in patients with oral lichen planus. *Journal of Clinical Periodontology*, 35(3), 244-249. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01191.x>
- De Paola, M., Fimiani, M., Batsikosta, A., Pisani, C., & Bilenchi, R. (2014). Unilateral hypertrophic lichen planus successfully treated with topical calcipotriol. *Giornale Italiano di Dermatologia e Venereologia*, 149 (2), 274-276. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24819650/>
- Dissemond, J., Schroter, S., Franckson, T., Herbig, S., & Goos, M. (2004). Pimecrolimus in an adhesive ointment as a new treatment option for oral lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 150(4), 782-784. <https://doi.org/10.1111/j.0007-0963.2004.05884.x>
- Duong, B., Marks, S., Sami, N., & Theos, A. (2012). Lichen planus pemphigoides in a 2-year-old girl: response to treatment with methotrexate. *Journal of the American Academy Dermatology*, 67(4), e154-e156. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.12.024>
- Eisen, D., Ellis, C. N., Duell, E. A., Griffiths, C. E. M., & Voorhees, J. J. (1990). Effect of topical cyclosporine rinse on oral lichen planus. A double-blind analysis.

- New England Journal of Medicine*, 323(5), 290–294. <https://doi.org/10.1056/NEJM199008023230502>
- Eisen, D. (1993). Hydroxychloroquine sulfate (Plaquenil) improves oral lichen planus: An open trial. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 28(4), 609–612. [https://doi.org/10.1016/0190-9622\(93\)70082-5](https://doi.org/10.1016/0190-9622(93)70082-5)
- Epstein, J. B., & Truelove, E. L. (1996). Topical cyclosporine in a bioadhesive for treatment of oral lichenoid mucosal reactions: an open label clinical trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 82(5), 532–536. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(96\)80198-3](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(96)80198-3)
- Eyler, J. T., Garib, G., Thompson, K. R., Dahiya, M., & Swan, J. W. (2017). Annular atrophic lichen planus responds to hydroxychloroquine and acitretin. *Cutis*, 100(2), 119–122. <https://www.mdedge.com/dermatology/article/143828/pigmentation-disorders/annular-atrophic-lichen-planus-responds>
- Ferahbas, A., Uksal, U., Kutlugun, C., & Kontas, O. (2003). Low-molecular-weight heparin (enoxaparin) in the treatment of lichen planus. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 17(5), 604–605. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3083.2003.00732.x>
- Florian, B., Angelika, J., & Ernst, S.R. (2014). Successful treatment of palmoplantar nail lichen planus with cyclosporine. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 12(8), 724–725. <https://doi.org/10.1111/ddg.12325>
- Frieling, U., Bonsmann, G., Schwarz, T., Luger, T. A., & Beissert S. (2003). Treatment of severe lichen planus with mycophenolate mofetil. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 49(6), 1063–1066. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(03\)02111-x](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(03)02111-x)
- Gallo, L, Ayala, F, & Ayala, F. (2008). Relapsing lichen actinicus successfully treated with cyclosporin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 22(3), 370–371. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2007.02325.x>
- Gisondi, P., & Girolomoni, G. (2016). Apremilast in the therapy of moderate-to-severe chronic plaque psoriasis. *Drug Design, Development and Therapy*, 10, 1763–1770. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S108115>
- Giustina, T. A., Stewart, J. C., Ellis, C. N., Regezi, J. A., Annesley, T., Woo, T. Y., & Voorhees, J. J. (1986). Topical application of isotretinoin gel improves oral lichen planus. A double-blind study. *Archives of Dermatology*, 122(5), 534–536. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3518638/>
- Ghosh, S., Jain, V. K., Chaudhuri, S., & Mathur, S. K. (2013). Sulfasalazine induced lichen planus in a patient of rheumatoid arthritis. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 79(4), 541–544. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.113103>
- Guo, C. L., Zhao, J. Z., Zhang, J., & Dong H. T. (2015). Efficacy of topical tacrolimus for erosive oral lichen planus: a meta-analysis. *Chinese Medical Sciences Journal*, 30(4), 210–217. [https://doi.org/10.1016/s1001-9294\(16\)30002-5](https://doi.org/10.1016/s1001-9294(16)30002-5)
- Hegarty, A. M., Hodgson, T. A., Lewseym J. D., & Porter, S. R. (2002). Fluticasone propionate spray and betamethasone sodium phosphate mouthrinse: a randomized crossover study for the treatment of symptomatic oral lichen planus. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 47(2), 271–279. <https://doi.org/10.1067/mjd.2002.120922>
- Heneberg, P., Riegerova, K., & Kucera, P. (2015). Pimecrolimus is a potent inhibitor of allergic reactions to hymenopteran venom extracts and birch pollen allergen in vitro. *PLoS ONE*, 10(11), e0142953. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142953>
- Hettiarachchi, P. V. K. S., Hettiarachchi, R. M., Jayasinghe, R. D., & Sitheequ, M. (2017). Comparison of topical tacrolimus and clobetasol in the management of symptomatic oral lichen planus: A double-blinded, randomized clinical trial in Sri Lanka. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 8(4). <https://doi.org/10.1111/jicd.12237>
- Hodak, E., Yosipovitch, G., David, M., Ingber, A., Chorev, L., Lider, O., Cahalon, L., & Cohen I. R. (1998). Low-dose low-molecular weight heparin (enoxaparin) is beneficial in lichen planus: a preliminary report. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 38(4), 564–568. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(98\)70118-5](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(98)70118-5)
- Inoue, A., Sawada, Y., Yamaguchi, T., Ohmori S., Omoto, D., Haruyama S., Yoshioka, M., Okada, E., & Nakamura, M. (2017). Lichenoid drug eruption caused by adalimumab: a case report and literature review. *European Journal of Dermatology*, 27(1), 69–70. <https://doi.org/10.1684/ejd.2016.2898>
- Iorizzo M. (2016). Nail lichen planus - a possible new indication for oral alitretinoin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 30(3), 509–510. <https://doi.org/10.1111/jdv.12904>
- Iraji, F., Faghihi, G., & Asilian, A., Siadat, A.H., Larijani, F. T., & Akbari, M. (2011). Comparison of the narrow band UVB versus systemic corticosteroids in the treatment of lichen planus: A randomized clinical trial. *Journal of Research in Medical Sciences*; 16(12), 1578–1582. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3434899/>
- Irla, N., Schneiter, T., Haneke, E., & Yawalkar, N. (2010). Nail lichen planus: successful treatment with etanercept. *Case Report in Dermatology*, 2, 173–176. <https://doi.org/10.1159/000321419>
- Ismail, S. B., Kumar, S. K., & Zain, R. B. (2007). Oral lichen planus and lichenoid reactions:

- etiopathogenesis, diagnosis, management and malignant transformation. *Journal of Oral Science*, 49(2), 89-106. <https://doi.org/10.2334/josnusd.49.89>
- Jang, N., & Fischer, G. (2008). Treatment of erosive vulvovaginal lichen planus with methotrexate. *The Australasian Journal of Dermatology*, 49(4), 216-219. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.2008.00472.x>
- Jansen, T., Gambichler, T., von Kobyletzki, L., & Altmeyer, P. (2002). Lichen planus actinicus treated with acitretin and topical corticosteroids. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 16(2), 174-175. https://doi.org/10.1046/j.1468-3083.2002.00392_3.x
- Jeong, S. H., Na, H. S., Park, S. H., Ahn, Y.W., & Chung, J. (2016). Topical sulfasalazine for unresponsive oral lichen planus. *Quintessence International*, 47(4), 319-327. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34974>
- Kanwar, A. J., & De, D. (2010). Lichen planus in children. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 76(4), 366-372. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.66581>
- Kanwar, A. J., & Belhaj, M. S. (1984). Lichen planus among Arabs: A study from Libya. *The Journal of Dermatology*, 11(1), 93-96. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.1984.tb01447.x>
- Karakatsanis, G., Patsatsi, A., Kastoridou, C., & Sotiriadis, D. (2007). Palmoplantar lichen planus with umbilicated papules: an atypical case with rapid therapeutic response to cyclosporin. *Journal of European Academy of Dermatology and Venereology*, 21(7), 1006-1007. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2006.02084.x>
- Katta, R. (2000). Lichen planus. *American Family Physician*, 61(11), 3319-3324.
- Khan, S. I., & Khondker, L. (2012). Safety of low molecular weight heparin in the treatment of cutaneous lichen planus. *Mymensingh Medical Journal*, 21(4), 668-673.
- Kolios, A. G., Marques, Maggio, E. M., Gubler, C., Cozzio, A., Dummer, R., French, L. E., & Navarini, A.A (2013). Oral, esophageal and cutaneous lichen ruber planus controlled with alitretinoin: case report and review of the literature. *Dermatology*, 226(4), 302-310. <https://doi.org/10.1159/000349980>
- Kuo, R. C., Lin, H. P., Sun, A., & Wang, Y. P. (2013). Prompt healing of erosive oral lichen planus lesion after combined corticosteroid treatment with locally injected triamcinolone acetonide plus oral prednisolone. *Journal of the Formosan Medical Association*, 112(4), 216-220 <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2012.01.014>
- Lajevardi, V., Ghodsi, S. Z., Hallaji, Z., Shafiei, Z., Aghazadeh, N., & Akbari, Z. (2016). Treatment of erosive oral lichen planus with methotrexate. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*; 14(3), 286-293. <https://doi.org/10.1111/ddg.12636>
- Laurberg, G., Geiger, J. M., Hjorth, N. Holm, P., Hou-Jensen, K., Jacobsen, K. U., Nielsen, A. O., Pichard, J., Serup, J., Sparre-Jorgensen, A. (1991). Treatment of lichen planus with acitretin. A double-blind, placebo-controlled study in 65 patients. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 24(3), 434-437. [https://doi.org/10.1016/0190-9622\(91\)70067-c](https://doi.org/10.1016/0190-9622(91)70067-c)
- Libow, L. F., & Coots, N. V. (1998). Treatment of lichen planus and Lichen Nitidus with itraconazole: reports of six cases. *Cutis*, 62(5), 247-248.
- Liu, C., Xie, B., Yang, Y., Lin, D., Wang C., Lin, M., Ge, L., & Zhou, H. (2013). Efficacy of intralesional betamethasone for erosive oral lichen planus and evaluation of recurrence: a randomized, controlled trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 116(5), 584-590. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2013.07.023>
- Malhotra, A. K., Khaitan, B. K., Sethuraman, G., & Sharma, V. K. (2008). Betamethasone oral mini-pulse therapy compared with topical triamcinolone acetonide (0.1%) paste in oral lichen planus: A randomized comparative study. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(4), 596-602. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2007.11.022>
- Malik, U., Gupta, S., Malik, S. D., Vashishth, S., Zaheeruddin, & Raju M. S. (2012). Treatment of symptomatic oral lichen planus (OLP) with 0.1 % tacrolimus powder in Oraguard-B - A pilot prospective study. *The Saudi Dental Journal*, 24(3-4), 143-148. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2012.05.002>
- McCaughey, C., Machan, M., Bennett, R., Zone, J.J., & Hull, C. M. (2011). Pimecrolimus 1 % cream for oral erosive lichen planus: a 6-week randomized, double-blind, vehicle-controlled study with a 6-week open-label extension to assess efficacy and safety. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 25(9), 1061-1067. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2010.03923.x>
- Mignogna, M. D., Lo Russo, L., Fedele, S., Ruoppo, E., Califano, L., & Lo Muzio, L. (2002). Clinical behaviour of malignant transforming oral lichen planus. *European Journal of Surgical Oncology*, 28(8), 838-843. <https://doi.org/10.1053/ejso.2002.1302>
- Morita, M., Asoda, S., Tsunoda, K. Soma, T., Nakagawa, T., Shirakawa, M., Shoji, H., Yagishita, H., Nishikawa, T., & Kawana, H. (2017). The onset risk of carcinoma in patients continuing tacrolimus topical treatment for oral lichen planus: a case report. *Odontology*, 105(2). 262-266.
- Murao, K., & Kubo, V. (2013). A case of lichen planus significantly improved after topical heparinoid treatment. *The Australasian Journal of Dermatology*, 54(3), 236-237. <https://doi.org/10.1111/ajd.12080>
- Nagao, Y., Sata, M., Tanikawa, K., Itoh, K., & Kameyama,

- T. (1995). Lichen planus and hepatitis C virus in the northern Kyushu region of Japan. *European Journal of Clinical Investigation*, 25(12), 910-914. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1995.tb01966.x>
- Nagao, Y., & Sata, M. (2012). A retrospective case-control study of hepatitis C virus infection and oral lichen planus in Japan: association study with mutations in the core and NS5A region of hepatitis C virus. *BMC Gastroenterology*, 12, 31. <https://doi.org/10.1186/1471-230X-12-31>
- Neville, J.A., Hancox, J.G., Williford, P.M., & Yosipovitch, G. (2007). Treatment of severe cutaneous ulcerative lichen planus with low molecular weight heparin in a patient with hepatitis C. *Cutis*, 79(1), 37-40.
- Nanda, S., Grover, C., & Reddy, B. S. (2003). PUVA-induced lichen planus. *The Journal of Dermatology*, 30(2), 151-153. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2003.tb00364.x>
- Niwa, Y., Terashima, T., & Sum, I. (2003). Topical application of the immunosuppressant tacrolimus accelerates carcinogenesis in mouse skin. *The British Journal of Dermatology*, 149(5), 960-967. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2003.05735.x>
- Omidian, M., Ayoobi, A., Mapar, M. A., Feily, A., & Cheraghian, B. (2010). Efficacy of sulfasalazine in the treatment of generalized lichen planus: randomized double-blinded clinical trial on 52 patients. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 24(9), 1051-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2010.03583.x>
- Petropoulou, H., Kontochristopoulos, G., Kalogirou, O., Panteri, I., & Zakopoulou, N. (2006). Effective treatment of erosive lichen planus with thalidomide and topical tacrolimus. *International Journal of Dermatology*, 45(10), 1244-1245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2006.02949.x>
- Petruzzi, M., De Benedittis, M., Grassi, R., Cassano, N., Vena, G., & Serpico, R. (2002). Oral lichen planus: a preliminary clinical study on treatment with tazarotene. *Oral Diseases*, 8(6), 291-295. <https://doi.org/10.1034/j.1601-0825.2002.02833.x>
- Prabhu, S., Pavithran, K., & Sobhanadevi, G. (2002). Lichen planus and hepatitis c virus (HCV)-is there an association? A serological study of 65 cases. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 68(5), 273-274.
- Prevost, N. M., & English, J. C. 3rd. (2007). Palliative treatment of fingernail lichen planus. *Journal of Drugs in Dermatology*, 6(2), 202-204.
- Rallis, E., Liakopoulou, A., Christodoulopoulos, C., & Katoulis, A. (2016). Successful treatment of bullous lichen planus with acitretin monotherapy. Review of treatment options for bullous lichen planus and case report. *Journal of Dermatological Case Report*, 10(4), 62-64. <https://doi.org/10.3315/jdcr.2016.1235>
- Rasi, A., Behzadi, A. H., Davoudi, S., Rafizadeh, P., Honarbakhsh, Y., Mehran, M., Piran, P., & Dehghan, N. (2010). Efficacy of oral metronidazole in treatment of cutaneous and mucosal lichen planus. *Journal of Drugs in Dermatology*, 9(10), 1186-1190.
- Reichrath, J., Reinhold, U., & Tilgen, W. (2002). Treatment of genito-anal lesions in inflammatory skin diseases with PUVA cream photochemotherapy: an open pilot study in 12 patients. *Dermatology*; 205(3), 245-248. <https://doi.org/10.1159/000065858>
- Renner, R., Treudler, R., Gebhardt, C., & Simon, J. C. (2009). [Ulcerated plantar lichen planus. Successful treatment with cyclosporine]. *Hautarzt*; 60(8). 647-650. [Article in German] <https://doi.org/10.1007/s00105-008-1674-0>
- Rhodus, N. L., Cheng, B., Bowles, W., Myers, S., Miller, L., & Ondery, F. (2006). Proinflammatory cytokine levels in saliva before and after treatment of (erosive) oral lichen planus with dexamethasone. *Oral Diseases*, 12(2), 112-116. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2005.01165.x>
- Samyia, M., & Lin, A.N. (2012). Efficacy of topical calcineurin inhibitors in lichen planus. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*, 16(4), 221-229. <https://doi.org/10.1177/120347541201600403>
- Sanchez-Perez, J., De Castro, M., Buezo, G.F., Fernandez-Herrera, Borque, M.J, & Garcia-Diez, A. (1996). Lichen planus and hepatitis C virus: prevalence and clinical presentation of patients with lichen planus and hepatitis C virus infection. *The British Journal of Dermatology*, 134(4), 715-719. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1996.tb06977.x>
- Schmitt, E. C., Pigatto, P.D., Boneschi, V., Bigardi, A. S., & Finzi, A. F. (1993). [Erosive lichen planus of the glans penis. Treatment with cyclosporin A]. *Hautarzt*, 44(1), 43-45 [Article in German]
- Schram, M. E., Borgonjen, R. J., Bik, C. M., van der Schroeff, J. G., van Everdingen, J. J., & Spuls, P.I. (2011). Off-label use of azathioprine in dermatology: a systematic review. *Archives of Dermatology*, 147(4), 474-488. <https://doi.org/10.1001/archdermatol.2011.79>
- Siponen, M., Huuskonen, L., Kallio-Pulkkinen, S., Nieminen, P., & Salo, T. (2017). Topical tacrolimus, triamcinolone acetonide, and placebo in oral lichen planus: a pilot randomized controlled trial. *Oral Diseases*, 23(5), 660-668. <https://doi.org/10.1111/odi.12653>
- Sivaraman, S., Santham, K., Nelson, A., Laliytha, B., Azhalvel, P., & Deepak, J. H. (2016). A randomized triple-blind clinical trial to compare the effectiveness of topical triamcinolone acetonate (0.1%), clobetasol propionate (0.05%), and tacrolimus orabase (0.03%) in the management of oral lichen planus. *Journal of Pharmacy*

- Bioallied Sciences*, 8(Suppl 1), S86-S89. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.191976>
- Shibley, C. A., & Spivakovsky, S. (2016). Tacrolimus or clobetasol for treatment of oral lichen planus. *Evidenced-Based Dentistry*, 17(1), 16. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6401150>
- Singh, A. R., Rai, A., Aftab, M., Jain, S., & Singh, M. (2017) Efficacy of steroidal vs nonsteroidal agents in oral lichen planus: a randomised, open-label study. *The Journal of Laryngology and Otology*; 131(1), 69-76. <https://doi.org/10.1017/S0022215116009658>
- Solak, B., Kara, R. O., & Kosem, M. (2015). Palmoplantar lichen planus successfully treated with acitretin. *BMJ Case Report*, <https://doi.org/10.1136/bcr-2015-211115>
- Stefanidou, M. P., Ioannidou, D. J., Panayiotides, J. G., & Tosca, A. D. (1999). Low molecular weight heparin; a novel alternative therapeutic approach for lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 141(6), 1040-1045. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.1999.03202.x>
- Sun, A., Chia, J. S., Chang, Y. F., & Chiang, C. P. (2002). Serum interleukin-6 level is a useful marker in evaluating therapeutic effects of levamisole and Chinese medicinal herbs in patients with oral lichen planus. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 31(4), 196-203. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0714.2002.310402.x>
- Tarakji, B., Ashok, N., Alakeel, R., Azzeghaibi, S., A Umair, A., Darwish, S., Mahmoud, R., & Elkhatat E. (2014). Hepatitis B vaccination and associated oral manifestations: a non-systematic review of literature and case reports. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 4(6), 829-836. <https://doi.org/10.4103/2141-9248.144870>
- Theng, C. T., Tan, S. H., Goh, C. L., Suresh, S., Wong, H. B., & Machin, D. (2004). Singapore Lichen Planus Study Group. A randomized controlled trial to compare calcipotriol with betamethasone valerate for the treatment of cutaneous lichen planus. *The Journal of Dermatological Treatment*, 15(3), 141-145. <https://doi.org/10.1080/09546630410031891>
- Thongprasom, K., Luangjarmekorn, L., Sererat, T., & Taweasap, W. (1992). Relative efficacy of fluocinolone acetonide compared with triamcinolone acetonide in treatment of oral lichen planus. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 21(10), 456-458. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.1992.tb00974.x>
- Undre, N. A., Moloney, F. J., Ahmadi, S., Stevenson, P., & Murphy, G. M. (2009). Skin and systemic pharmacokinetics of tacrolimus following topical application of tacrolimus ointment in adults with moderate to severe topical dermatitis. *The British Journal of Dermatology*, 160(3), 665-669. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08974.x>
- Usatine, R. P., & Tinitigan, M. (2011). Diagnosis and treatment of lichen planus. *American Academy of Family Physicians*, 84(1), 53-60. <https://www.aafp.org/afp/2011/0701/p53.pdf>
- Verma, K. K., Mittal, R., & Manchanda, Y. (2001). Azathioprine for the treatment of severe erosive oral and generalized lichen planus. *Acta Dermato-Venereologica*, 81(5), 378-379. <https://doi.org/10.1080/000155501317140197>
- Verma, P., & Pandhi, D. (2015). Topical tacrolimus and oral dapsone combination regimen in lichen planus pigmentosus. *Skinmed*, 13(5), 351-354.
- Volz, T., Caroli, U., Lüdtke, H., Bräutigam, M., Kohler-Späth, H., Röcken, M., & Biedermann, T. (2008). Pimecrolimus cream 1 % in erosive oral lichen planus - a prospective randomized double-blind vehicle-controlled study. *The British Journal of Dermatology*, 159(4), 936-941. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08726.x>
- Wackernagel, A., Legat, F. J., Hofer, A., Quehenberger, F., Kerl, H., & Wolf, P. (2007). Psoralen plus UVA vs. UVB-311 nm for the treatment of lichen planus. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*; 23(1), 15-19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2007.00261.x>
- Washio, K., Nakamura, A., Fukuda, S., Hashimoto, T., & Horikawa, T. (2013). A case of lichen planus pemphigoides successfully treated with a combination of cyclosporine a and prednisolone. *Case Report in Dermatology*, 5(1), 84-87. <https://doi.org/10.1159/000350285>
- Wu, Y., Zhou, G., Zeng, H., Xiong, C.R., Lin, M., & Zhou, H.M. (2010). A randomized double-blind, positive-control trial of topical thalidomide in erosive oral lichen planus. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 110(2), 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.03.034>
- Yasar, S., Serdar, Z. A., Goktay, F., Doner, N., Tanzer C., Akkaya D., & Gunes, P. (2011). The successful treatment of palmoplantar hyperkeratotic lichen planus with enoxaparin. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 77(1), 64-66. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.74989>
- Zakrzewska, J. M., Chan, E. S., & Thornhill, M. H. (2005). A systematic review of placebo-controlled randomized clinical trials of treatments used in oral lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 153(2), 336-341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06493.x>
- Zuo, W. X., Li, X. V., Cai, G. Y., & Chen, Y. Q. (2013). [A randomized single-blind controlled clinical trial of tacrolimus mouth rinse on erosive oral lichen planus.] *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, 22(6), 708-710. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24469140/>

Modern Approaches to the Treatment of Lichen Planus

Svetlana A. Masyukova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: skin_net@mail.ru

Svetlana S. Zemlyakova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: svezem@gmail.com

Inna V. Ilyina

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: il.inna2012@yandex.ru

Viktor V. Gladko

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: dr.gladko@mgupp.ru

Lichen planus (LP) is a chronic relapsing inflammatory skin disease. Despite the fact that a large number of drugs are prescribed for the treatment of *LP*, some of them lack a clear evidence base, and some of the drugs may not be used in all patients due to problems with the safety profile. The purpose of this study is to analyze approaches to the treatment of patients with *LP* to help doctors choose the best way to treat such patients. A review of articles on the treatment of *LP* was carried out using electronic databases of Scopus, Web of Science, Medline, PubMed and eLibrary.ru. Topical corticosteroids and calcineurin inhibitors are modern first-line drugs. Unfortunately, there are no large randomized controlled trials to confirm the efficacy, safety, and tolerability of other treatment methods for *LP*, and many recommendations are based on trials with small sample sizes; they lack of standardized outcome indicators with controlled duration of treatment. It should be noted that in all cases the treatment of patients with lichen planus should be complex and individual. At the same time, it is necessary to pay attention to comorbid diseases of the patient, which often complicate the course of skin disease. The prognosis is usually favorable. The purpose of treatment for patients with lichen planus should be based on a personalized approach to each patient, depending on the severity, form, location and clinical feature.

Keywords: lichen planus, systemic drugs, calcineurin inhibitors, phototherapy, personalized approach

References

- Anisimova, I. V., & Simonyan, L. A. (2019). The frequency of combination of lichen planus with somatic pathology and local adverse factors in the oral cavity. *Problemy stomatologii [Problems of Dentistry]*, 15(1), 16-22. <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2018-15-1-16-22>
- Bazhina, I. I., Koshkin, S. V., & Zaitseva, G. A. (2017). The nature of changes in immunological parameters in patients with lichen planus. *Vyatskii meditsinskii vestnik [Vyatka Medical Bulletin]*, 3(55), 28-30.
- Vasil'eva, E. A., Efanova, E. N., Rusak, Yu. E., Ulitina, I. V. (2017). Atypical forms of lichen planus: a clinical observation. *Lechashchii Vrach [The Attending Physician]*, 2, 86.
- Gileva, O. S., Koshkin, S. V., & Libik, T. V., Gorodilova E. A., Khalyavina I. N. (2017). Periodontal aspects of diseases of the oral mucosa: lichen planus. *Parodontologiya [Periodontology]*, 3(84), 9-14.
- Gorodilova, E. A., Gileva, O. S., Koshkin, S. V., & Khalyavina, I. N. (2016). Interdisciplinary approaches to the complex treatment of patients with widespread lichen planus of the skin and oral mucosa: the role of prosthetic treatment. *Vyatskii*

- meditsinskii vestnik [Vyatka Medical Bulletin]*, 4(52), 20-26.
- Grigor'ev, S. S., Zhovtyak, P. B., & Letaeva, O. V. (2014). Red lichen planus of the oral mucosa. Literature review. *Stomatologiya [Dentistry]*, 5(119), 8-15.
- Dorozhenok, I. Yu., Snarskaya, E. S., & Shenberg, V. G. (2016). Lichen planus and associated psychosomatic disorders. *Vestnik dermatologii i venerologii [Bulletin of Dermatology and Venereology]*, 4, 27-32.
- Efanova, E. N., Vasil'eva, E. A., & Rusak, M. Yu. (2017). The combination of lichen planus, scleroatrophic lichen and plaque scleroderma in a patient with autoimmune thyroiditis. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke [Health and Education in the 21st Century]*, 19(7), 29-32.
- Ivanov, O. L. (Ed.). (2007). *Kozhnye i venericheskie bolezni [Skin and sexually transmitted diseases]*. Izdatel'stvo «Meditsina».
- Ivanova, I. N., & Shchava, S. N. (2017) On the combination of lichen planus and breast cancer. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya [Clinical Dermatology and Venereology]*, 4, 76-79. <https://doi.org/10.17116/klinderma201716476-79>
- Kosheleva, I. V., Klivitskaya, N. A., & Gadzhieva R. M. (2016). Vascular disorders in patients with dermatoses. *Farmateka [Farmateka]*, 19, 56-61.
- Makedonova, Yu. A., Firsova, I. V., & Poroiskii, S. V. (2018). Immunological study of the cytokine profile in the treatment of patients with red lichen planus of the oral mucosa. *Parodontologiya [Periodontology]*, 14 (3), 48-51. <https://doi.org/10.25636/PMP.1.2018.3.8>
- Mikhal'chenko, V. F., & Ivanova, I. N. (2019). A case of successful treatment of a patient with erosive and ulcerative form of lichen planus. *Vestnik VolGSMU [Bulletin of VolSMU]*, 1, 34-36. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2019-1\(69\)-34-36](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2019-1(69)-34-36)
- Molochkov, A. V., Molochkova, Yu. V., Kil'dyushevskii A. V., & Glazkov A. A. (2017). Extracorporeal photochemotherapy and methotrexate in the treatment of atypical lichen planus. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny [Clinical Medicine Almanac]*, 45(8), 644-651. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2017-45-8-644-651>
- Molochkova, Yu. V., Romanko, Yu. S., Perlamutrov, Yu. N., & Sekirin A.B. (2018). Radiation therapy for lichen planus. *Farmateka [Farmateka]*, 5, 13-17.
- Patrushev, A. V., Samtsov, A. V., Ivanov, A. M., Sukharev A. V., & Asfendiarov D. D. (2018). Prevalence of foci of chronic infection in patients with dermatoses. *Vestnik dermatologii i venerologii [Bulletin of Dermatology and Venereology]*, 1, 30-38. <https://doi.org/10.25208/0042-4609-2018-94-3-30-38>
- Popova L. G., & Petrova T .G. (2018.). Features of complex therapy of precancerous forms of lichen planus. *Journal of Siberian Medical Sciences*, 4, 94-100. <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2018-4-94-100>
- Surdina, E. D., Rodionov, G. G., Silin, A. V., Plavinskii, S. L., & Kaspina, A. I., Bolotova M. E., Voroshilova T.M. (2017). Assessment of the microbiota of the oral cavity, small and large intestine in patients with lichen planus mucosa. *Parodontologiya [Periodontology]*, 2(83), 47-52.
- Titarenko, M. A., Stolyarova, V. A., Sysolyatin, P. G., & Baidik, O. D. (2018). The role of gastrointestinal pathology in the development and severity of the course of lichen planus of the oral mucosa. *Byulleten' sibirskoi meditsiny [Bulletin of Siberian Medicine]*, 17(3), 151-156.
- Fedotova, K.Yu., Zhukova, O.V., Kruglova, L.S., & Ptashinskii, R.I. (2014). Lichen planus: etiology, pathogenesis, clinical forms, histological picture and basic principles of treatment. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya [Clinical Dermatology and Venereology]*, 12(6), 9-20.
- Fedotova, Yu.M., Firsova, I.V., & Makedonova, Yu.A. (2018). The effectiveness of various mucoadhesive agents in the treatment of the erosive form of lichen planus. *Krymskii terapevticheskii zhurnal [Crimean therapeutic journal]*, 2, 39-43.
- Chepushtanova, K.O., Gorbunov, Yu.G., Belousova, I.E., & Samtsov, A.V. (2019). Follicular tumorous lichen planus (lichen planus follicularis tumidus). *Vestnik dermatologii i venerologii [Bulletin of Dermatology and Venereology]*, 93(1), 46-51.
- Chuikin, S.V., Akmalova, G.M., Ron', G.I., Chernysheva, N.D., & Khonina, T.G. (2016). Evaluation of the clinical efficacy of a pharmacological composition based on organosilicon glycerohydrogel in the complex treatment of lichen planus. *Klinicheskaya stomatologiya [Clinical Dentistry]*, 1, 60-63.
- Shakhnovich, A.A., Kotenko, K.V., & Levshin, R.N. (2017). The experience of using polychromatic incoherent polarized light in patients with onychodystrophy associated with lichen planus. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitaciya [Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation]*, 16(4), 204-207.
- Alamri, A., Alsenaid, A., Ruzicka T., & Wolf, R. (2016). Hypertrophic lichen planus - successful treatment with acitretin. *Dermatologic Therapy*, 29, 173-176. <https://doi.org/10.1111/dth.12337>
- Allison, A. C., & Eugui, E. M. (2000). Mycophenolate mofetil and its mechanisms of action. *Immunopharmacology*; 47(2-3), 85-118. [https://doi.org/10.1016/s0162-3109\(00\)00188-0](https://doi.org/10.1016/s0162-3109(00)00188-0)
- Alsenaid A, Eder I, Ruzicka T, Braun-Falco M, & Wolf R. (2014). Successful treatment of nail lichen planus with alitretinoin: report of 2 cases and review of the literature. *Dermatology*, 11, 229(4), 293-296

- <https://doi.org/10.1159/000365655>
- Arduino P. G., Carbone M., Della Ferrera F., Elia A., Conrotto D., Gambino A., Comba A., Calogiuri P. L., & R. Broccoletti (2014). Pimecrolimus vs. tacrolimus for the topical treatment of unresponsive oral erosive lichen planus: a 8 week randomized double-blind controlled study. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 28(4), 475-482. <https://doi.org/10.1111/jdv.12128>
- Arunkumar S., Kalappanavar A. N., Annigeri R. G., & Kalappa S. G. (2015). Relative efficacy of pimecrolimus cream and triamcinolone acetonide paste in the treatment of symptomatic oral lichen planus. *Indian Journal of Dentistry*, 6(1), 14-19. <https://doi.org/10.4103/0975-962X.151692>
- Asarch, A., Gottlieb, A. B., Lee, J., Masterpol K. S., Scheinman P. L., Stadecker M. J., Massarotti E. M., & Bush M. L. (2009). Lichen planus-like eruptions: An emerging side effect of tumor necrosis factor-alpha antagonists. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 61(1), 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2008.09.032>
- Bakhtiar, R., Noor, S. M., & Paracha, M. M. (2018). Effectiveness of oral methotrexate therapy versus systemic corticosteroid therapy in treatment of generalised lichen planus. *Journal of the college of Physicians and Surgeons Pakistan*, 28(7), 505-508. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2018.07.505>
- Basak P.Y., & Basak K. (2002). Generalized lichen planus in childhood: is dapsone an effective treatment modality? *The Turkish Journal of Pediatrics*, 44(4), 346-348. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12458814/>
- Bauza A., Espana A., Gil P., Lloret P., & Vazquez Doval F.J. (2005). Successful treatment of lichen planus with sulfasalazine in 20 patients. *International Journal of Dermatology*, 44(2): 158-162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2005.02070.x>
- Bayramgurler, D., Apaydin, R., & Bilen, N. (2002). Limited benefit of topical calcipotriol in lichen planus treatment: A preliminary stud. *The Journal of Dermatological Treatment*, 13(3), 129-132. <https://doi.org/10.1080/09546630260199497>
- Becherel, P. A., Chosidow, O., Boisnic, S., Moyal-Barraco, M., Pelisse M., Reigneau, O., & Francès C. (1995). Topical cyclosporine in the treatment of oral and vulvar erosive lichen planus: a blood level monitoring study. *Archives of Dermatology*, 131(4), 495-496. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7726602/>
- Beck, H.I., Brandrup, F. (1986) Treatment of erosive lichen planus with dapsone. *Acta Dermato-Venereologica*, 66(4), 366-367.
- Bendas, E. R., Abdullah, H., EI-Komy, M. H., & Kassem, M. A. (2013). Hydroxychloroquine niosomes: A new trend in topical management of oral lichen planus. *International Journal of Pharmaceutics*, 458(2) 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2013.10.042>
- Bettencourt M. (2016). Oral lichen planus treated with Apremilast. *Journal of Drugs in Dermatology*, 15(8), 1026-1028. <https://jddonline.com/articles/dermatology/S1545961616P1026X>
- Bez, C., Lodi, G., Sardella, A., Della Volpe, A., & Carrassi, A. (1999). Oral lichenoid lesions after thalidomide treatment. *Dermatology*, 199(2), 195. <https://doi.org/10.1159/000018244>
- Büyük, A. Y., & Kavala, M. (2000). Oral metronidazole treatment of lichen planus. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 43(2 Pt 1), 260-262. <https://doi.org/10.1067/mjd.2000.104683>
- Boisnic, S., Branchet, M. C., Pascal, F., Ben Slama, L., Rostin, M., & Szpirglas, H. (1994). Topical tretinoin in the treatment of lichen planus and leukoplakia of the mouth mucosa. A clinical evaluation. *Annales de Dermatologie et de Venereologie* 121(6-7), 459-463. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7535512/>
- Boyce, A.E., Marshman, G., & Mills, R.A. (2009). Erosive mucosal lichen planus and secondary epiphora responding to systemic cyclosporin A treatment. *The Australasian Journal of Dermatology*, 50(3), 190-193. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.2009.00536.x>
- Camisa, C., Neff, J. C., Rossana, C., & Barrett, J. L. (1986). Bullous lichen planus: diagnosis by indirect immunofluorescence and treatment with dapsone. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 14(3), 464-469. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(86\)70058-3](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(86)70058-3)
- Camisa, C., & Popovsky, J.L. (2000). Effective treatment of oral erosive lichen planus with thalidomide. *Archives of Dermatology*, 136(12), 1442-1443. <https://doi.org/10.1001/archderm.136.12.1442>
- Campisi, G., Giandalia, G., De Caro, V., Di Liberto, C., Arico, P., & Giannola, L. I. (2004). A new delivery system of clobetasol-17-propionate (lipid-loaded microspheres 0.025%) compared with a conventional formulation (lipophilic ointment in a hydrophilic phase 0.025%) in topical treatment of atrophic/erosive oral lichen planus. A Phase IV, randomized, observer-blinded, parallel group clinical trial. *The British Journal of Dermatology*, 150(5), 984-990 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2004.05943.x>
- Carbone, M., Conrotto, D., Carrozzo, M., Broccoletti, R., Gandolfo, S., & Scully, C. (1999). Topical corticosteroids in association with miconazole and chlorhexidine in the long-term management of atrophic-erosive oral lichen planus: a placebo-controlled and comparative study between clobetasol and fluocinonide. *Oral Diseases*, 5(1), 44-49. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.1999.tb00063.x>

- Carlin, C. S., Florell, S. R., & Krueger, G. G. (2002). Induction of dramatic hyperpigmentation in a patient with generalized lichen planus treated with re-PUVA. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*; 6(2), 125-127. <https://doi.org/10.1007/s10227-001-0036-7>
- Chamani, G., Rad, M., Zarei, M. R., Lotfi, S., Sadeghi, M., & Ahmadi, Z. (2015). Efficacy of tacrolimus and clobetasol in the treatment of oral lichen planus: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dermatology*, 54(9), 996-1004. <https://doi.org/10.1111/ijd.12925>
- Chao, T. J. (2009). Adalimumab in the management of cutaneous and oral lichen planus. *Cutis* 84(6), 325-328. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20166574/>
- Chauhan, P., De, D., Handa S., Narang, T., & Saikia, U. N. (2018). A prospective observational study to compare efficacy of topical triamcinolone acetonide 0.1% oral paste, oral methotrexate, and a combination of topical triamcinolone acetonide 0.1% and oral methotrexate in moderate to severe oral lichen planus. *Dermatologic Therapy*, 31(1), 1-6. e12563. <https://doi.org/10.1111/dth.12563>
- Ciaccio, M., & Rebora, A. (1990). Lichen planus following HBV vaccination: A coincidence? *The British Journal of Dermatology*, 122(3), 424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1990.tb08294.x>
- Coleman, M. D., Rhodes, L. E., Scott, A. K., Verbov, J. L., Friedmann, P. S., Breckenridge, A. M., & Park, B. K. (1992). The use of cimetidine to reduce dapsone-dependent methaemoglobinaemia in dermatitis herpetiformis patients. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 34(3), 244-249. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.1992.tb04131.x>
- Conrotto, D., Carbone, M., Carozzo, M., Arduino, P., Broccoletti, R., Pentenero, M., & Gandolfo, S. (2006). Ciclosporin vs. clobetasol in the topical management of atrophic and erosive oral lichen planus: a double-blind, randomized controlled trial. *The British Journal of Dermatology*, 154(1), 139-145. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06920.x>
- Corrocher, G., Di Lorenzo, G., Martinelli, N., Mansueto, P., Biasi D., Nocini, P. F., Lombardo, G., Fior, A., Corrocher, R., Bambara, L. M., Gelio, S., & Pacor, M. L. (2008). Comparative effect of tacrolimus 0.1 % ointment and clobetasol 0.05% ointment in patients with oral lichen planus. *Journal of Clinical Periodontology*, 35(3), 244-249. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01191.x>
- De Paola, M., Fimiani, M., Batsikosta, A., Pisani, C., & Bilenchi, R. (2014). Unilateral hypertrophic lichen planus successfully treated with topical calcipotriol. *Giornale Italiano di Dermatologia e Venereologia*, 149 (2), 274-276. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24819650/>
- Dissemond, J., Schroter, S., Franckson, T., Herbig, S., & Goos, M. (2004). Pimecrolimus in an adhesive ointment as a new treatment option for oral lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 150(4), 782-784. <https://doi.org/10.1111/j.0007-0963.2004.05884.x>
- Duong, B., Marks, S., Sami, N., & Theos, A. (2012). Lichen planus pemphigoides in a 2-year-old girl: response to treatment with methotrexate. *Journal of the American Academy Dermatology*, 67(4), e154-e156. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.12.024>
- Eisen, D., Ellis, C. N., Duell, E. A., Griffiths, C. E. M., & Voorhees, J. J. (1990). Effect of topical cyclosporine rinse on oral lichen planus. A double-blind analysis. *New England Journal of Medicine*, 323(5), 290-294. <https://doi.org/10.1056/NEJM199008023230502>
- Eisen, D. (1993). Hydroxychloroquine sulfate (Plaquenil) improves oral lichen planus: An open trial. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 28(4), 609-612. [https://doi.org/10.1016/0190-9622\(93\)70082-5](https://doi.org/10.1016/0190-9622(93)70082-5)
- Epstein, J. B., & Truelove, E. L. (1996). Topical cyclosporine in a bioadhesive for treatment of oral lichenoid mucosal reactions: an open label clinical trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 82(5), 532-536. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(96\)80198-3](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(96)80198-3)
- Eyler, J. T., Garib, G., Thompson, K. R., Dahiya, M., & Swan, J. W. (2017). Annular atrophic lichen planus responds to hydroxychloroquine and acitretin. *Cutis*, 100(2), 119-122. <https://www.mdedge.com/dermatology/article/143828/pigmentation-disorders/annular-atrophic-lichen-lichen-planus-responds>
- Ferahbas, A., Uksal, U., Kutlugun, C., & Kontas, O. (2003). Low-molecular-weight heparin (enoxaparin) in the treatment of lichen planus. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 17(5), 604-605. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3083.2003.00732.x>
- Florian, B., Angelika, J., & Ernst, S.R. (2014). Successful treatment of palmoplantar nail lichen planus with cyclosporine. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 12(8), 724-725. <https://doi.org/10.1111/ddg.12325>
- Frieling, U., Bonsmann, G., Schwarz, T., Luger, T. A., & Beissert S. (2003). Treatment of severe lichen planus with mycophenolate mofetil. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 49(6), 1063-1066. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(03\)02111-x](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(03)02111-x)
- Gallo, L., Ayala, F., & Ayala, F. (2008). Relapsing lichen actinicus successfully treated with cyclosporin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 22(3), 370-371. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2007.02325.x>
- Gisondi, P., & Girolomoni, G. (2016). Apremilast in the therapy of moderate-to-severe chronic plaque

- psoriasis. *Drug Design, Development and Therapy*, 10, 1763-1770. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S108115>
- Giustina, T. A., Stewart, J. C., Ellis, C. N., Regezi, J. A., Annesley, T., Woo, T. Y., & Voorhees, J. J. (1986). Topical application of isotretinoin gel improves oral lichen planus. A double-blind study. *Archives of Dermatology*, 122(5), 534-536. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3518638/>
- Ghosh, S., Jain, V. K., Chaudhuri, S., & Mathur, S. K. (2013). Sulfasalazine induced lichen planus in a patient of rheumatoid arthritis. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 79(4), 541-544. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.113103>
- Guo, C. L., Zhao, J. Z., Zhang, J., & Dong H. T. (2015). Efficacy of topical tacrolimus for erosive oral lichen planus: a meta-analysis. *Chinese Medecal Sciences Journal*, 30(4), 210-217. [https://doi.org/10.1016/s1001-9294\(16\)30002-5](https://doi.org/10.1016/s1001-9294(16)30002-5)
- Hegarty, A. M., Hodgson, T. A., Lewseym J. D., & Porter, S. R. (2002). Fluticasone propionate spray and betamethasone sodium phosphate mouthrinse: a randomized crossover study for the treatment of symptomatic oral lichen planus. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 47(2), 271-279. <https://doi.org/10.1067/mjd.2002.120922>
- Heneberg, P., Riegerova, K., & Kucera, P. (2015). Pimecrolimus is a potent inhibitor of allergic reactions to hymenopteran venom extracts and birch pollen allergen in vitro. *PLoS ONE*, 10(11), e0142953. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142953>
- Hettiarachchi, P. V. K. S., Hettiarachchi, R. M., Jayasinghe, R. D., & Sitheequ, M. (2017). Comparison of topical tacrolimus and clobetasol in the management of symptomatic oral lichen planus: A double-blinded, randomized clinical trial in Sri Lanka. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 8(4). <https://doi.org/10.1111/jicd.12237>
- Hodak, E., Yosipovitch, G., David, M., Ingber, A., Chorev, L., Lider, O., Cahalon, L., & Cohen I. R. (1998). Low-dose low-molecular weight heparin (enoxaparin) is beneficial in lichen planus: a preliminary report. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 38(4), 564-568. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(98\)70118-5](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(98)70118-5)
- Inoue, A., Sawada, V., Yamaguchi, T., Ohmori S., Omoto, D., Haruyama S., Yoshioka, M., Okada, E., & Nakamura, M. (2017). Lichenoid drug eruption caused by adalimumab: a case report and literature review. *European Journal of Dermatology*, 27(1), 69-70. <https://doi.org/10.1684/ejd.2016.2898>
- Iorizzo M. (2016). Nail lichen planus - a possible new indication for oral alitretinoin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 30(3), 509-510. <https://doi.org/10.1111/jdv.12904>
- Iraji, F., Faghihi, G., & Asilian, A., Siadat, A.H., Larijani, F. T., & Akbari, M. (2011). Comparison of the narrow band UVB versus systemic corticosteroids in the treatment of lichen planus: A randomized clinical trial. *Journal of Research in Medical Sciences*; 16(12), 1578-1582. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3434899/>
- Irla, N., Schneiter, T., Haneke, E., & Yawalkar, N. (2010). Nail lichen planus: successful treatment with etanercept. *Case Report in Dermatology*, 2, 173-176. <https://doi.org/10.1159/000321419>
- Ismail, S. B., Kumar, S. K., & Zain, R. B. (2007). Oral lichen planus and lichenoid reactions: etiopathogenesis, diagnosis, management and malignant transformation. *Journal of Oral Science*, 49(2), 89-106. <https://doi.org/10.2334/josnusd.49.89>
- Jang, N., & Fischer, G. (2008). Treatment of erosive vulvovaginal lichen planus with methotrexate. *The Australas Journal of Dermatology*, 49(4), 216-219. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.2008.00472.x>
- Jansen, T., Gambichler, T., von Kobyletzki, L., & Altmeyer, P. (2002). Lichen planus actinicus treated with acitretin and topical corticosteroids. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 16(2), 174-175. <https://doi.org/10.1046/j.1468-3083.2002.00392.3.x>
- Jeong, S. H., Na, H. S., Park, S. H., Ahn, Y.W., & Chung, J. (2016). Topical sulfasalazine for unresponsive oral lichen planus. *Quintessence International*, 47(4), 319-327. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34974>
- Kanwar, A. J., & De, D. (2010). Lichen planus in children. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 76(4), 366-372. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.66581>
- Kanwar, A. J., & Belhaj, M. S. (1984). Lichen planus among Arabs: A study from Libya. *The Journal of Dermatology*, 11(1), 93-96. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.1984.tb01447.x>
- Karakatsanis, G., Patsatsi, A., Kastoridou, C., & Sotiriadis, D. (2007). Palmoplantar lichen planus with umbilicated papules: an atypical case with rapid therapeutic response to cyclosporin. *Journal of European Academy of Dermatology and Venereology*, 21(7), 1006-1007. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2006.02084.x>
- Katta, R. (2000). Lichen planus. *American Family Physician*, 61(11), 3319-3324.
- Khan, S. I., & Khondker, L. (2012). Safety of low molecular weight heparin in the treatment of cutaneous lichen planus. *Mymensingh Medical Journal*, 21(4), 668- 673.
- Kolios, A. G., Marques, Maggio, E. M., Gubler, C., Cozzio, A., Dummer, R., French, L. E., & Navarini, A.A (2013). Oral, esophageal and cutaneous lichen ruber planus controlled with alitretinoin: case report and

- review of the literature. *Dermatology*, 226(4), 302-310. <https://doi.org/10.1159/000349980>
- Kuo, R. C., Lin, H. P., Sun, A., & Wang, Y. P. (2013). Prompt healing of erosive oral lichen planus lesion after combined corticosteroid treatment with locally injected triamcinolone acetonide plus oral prednisolone. *Journal of the Formosan Medical Association*, 112(4), 216-220 <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2012.01.014>
- Lajevardi, V., Ghodsi, S. Z., Hallaji, Z., Shafiei, Z., Aghazadeh, N., & Akbari, Z. (2016). Treatment of erosive oral lichen planus with methotrexate. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*; 14(3), 286-293. <https://doi.org/10.1111/ddg.12636>
- Laurberg, G., Geiger, J. M., Hjorth, N. Holm, P., Hou-Jensen, K., Jacobsen, K. U., Nielsen, A. O., Pichard, J., Serup, J., Sparre-Jorgensen, A. (1991). Treatment of lichen planus with acitretin. A double-blind, placebo-controlled study in 65 patients. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 24(3), 434-437. [https://doi.org/10.1016/0190-9622\(91\)70067-c](https://doi.org/10.1016/0190-9622(91)70067-c)
- Libow, L. F., & Coots, N. V. (1998). Treatment of lichen planus and Lichen Nitidus with itraconazole: reports of six cases. *Cutis*, 62(5), 247-248.
- Liu, C., Xie, B., Yang, Y., Lin, D., Wang C., Lin, M., Ge, L., & Zhou, H. (2013). Efficacy of intralesional betamethasone for erosive oral lichen planus and evaluation of recurrence: a randomized, controlled trial. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 116(5), 584-590. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2013.07.023>
- Malhotra, A. K., Khaitan, B. K., Sethuraman, G., & Sharma, V. K. (2008). Betamethasone oral mini-pulse therapy compared with topical triamcinolone acetonide (0.1%) paste in oral lichen planus: A randomized comparative study. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(4), 596-602. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2007.11.022>
- Malik, U., Gupta, S., Malik, S. D., Vashishth, S., Zaheeruddin, & Raju M. S. (2012). Treatment of symptomatic oral lichen planus (OLP) with 0.1 % tacrolimus powder in Oraguard-B - A pilot prospective study. *The Saudi Dental Journal*, 24(3-4), 143-148. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2012.05.002>
- McCaughey, C., Machan, M., Bennett, R., Zone, J.J., & Hull, C. M. (2011). Pimecrolimus 1 % cream for oral erosive lichen planus: a 6-week randomized, double-blind, vehicle-controlled study with a 6-week open-label extension to assess efficacy and safety. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 25(9), 1061- 1067. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2010.03923.x>
- Mignogna, M. D., Lo Russo, L., Fedele, S., Ruoppo, E., Califano, L., & Lo Muzio, L. (2002). Clinical behaviour of malignant transforming oral lichen planus. *European Journal of Surgical Oncology*, 28(8), 838-843. <https://doi.org/10.1053/ejso.2002.1302>
- Morita, M., Asoda, S., Tsunoda, K. Soma, T., Nakagawa, T., Shirakawa, M., Shoji, H., Yagishita, H., Nishikawa, T., & Kawana, H. (2017). The onset risk of carcinoma in patients continuing tacrolimus topical treatment for oral lichen planus: a case report. *Odontology*, 105(2). 262-266.
- Murao, K., & Kubo, Y. (2013). A case of lichen planus significantly improved after topical heparinoid treatment. *The Australasian Journal of Dermatology*, 54(3), 236-237. <https://doi.org/10.1111/ajd.12080>
- Nagao, Y., Sata, M., Tanikawa, K., Itoh, K., & Kameyama, T. (1995). Lichen planus and hepatitis C virus in the northern Kyushu region of Japan. *European Journal of Clinical Investigation*, 25(12), 910-914. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1995.tb01966.x>
- Nagao, Y., & Sata, M. (2012). A retrospective case-control study of hepatitis C virus infection and oral lichen planus in Japan: association study with mutations in the core and NS5A region of hepatitis C virus. *BMC Gastroenterology*, 12, 31. <https://doi.org/10.1186/1471-230X-12-31>
- Neville, J.A., Hancox, J.G., Williford, P.M., & Yosipovitch, G. (2007). Treatment of severe cutaneous ulcerative lichen planus with low molecular weight heparin in a patient with hepatitis C. *Cutis*, 79(1), 37-40.
- Nanda, S., Grover, C., & Reddy, B. S. (2003). PUVA-induced lichen planus. *The Journal of Dermatology*, 30(2), 151-153. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2003.tb00364.x>
- Niwa, Y., Terashima, T., & Sum, I. (2003). Topical application of the immunosuppressant tacrolimus accelerates carcinogenesis in mouse skin. *The British Journal of Dermatology*, 149(5), 960-967. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2003.05735.x>
- Omidian, M., Ayoobi, A., Mapar, M. A., Feily, A., & Cheraghian, B. (2010). Efficacy of sulfasalazine in the treatment of generalized lichen planus: randomized double-blinded clinical trial on 52 patients. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 24(9), 1051-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2010.03583.x>
- Petropoulou, H., Kontochristopoulos, G., Kalogirou, O., Panteri, I., & Zakopoulou, N. (2006). Effective treatment of erosive lichen planus with thalidomide and topical tacrolimus. *International Journal of Dermatology*, 45(10), 1244-1245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2006.02949.x>
- Petrucci, M., De Benedittis, M., Grassi, R., Cassano, N., Vena, G., & Serpico, R. (2002). Oral lichen planus: a preliminary clinical study on treatment with tazarotene. *Oral Diseases*, 8(6), 291-295. <https://doi.org/10.1034/j.1601-0825.2002.02833.x>
- Prabhu, S., Pavithran, K., & Sobhanadevi, G. (2002). Lichen planus and hepatitis c virus (HCV)-is there

- an association? A serological study of 65 cases. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 68(5), 273-274.
- Prevost, N. M., & English, J. C. 3rd. (2007). Palliative treatment of fingernail lichen planus. *Journal of Drugs in Dermatology*, 6(2), 202-204.
- Rallis, E., Liakopoulou, A., Christodoulopoulos, C., & Katoulis, A. (2016). Successful treatment of bullous lichen planus with acitretin monotherapy. Review of treatment options for bullous lichen planus and case report. *Journal of Dermatological Case Report*, 10(4), 62-64. <https://doi.org/10.3315/jdcr.2016.1235>
- Rasi, A., Behzadi, A. H., Davoudi, S., Rafizadeh, P., Honarbakhsh, Y., Mehran, M., Piran, P., & Dehghan, N. (2010). Efficacy of oral metronidazole in treatment of cutaneous and mucosal lichen planus. *Journal of Drugs in Dermatology*, 9(10), 1186-1190.
- Reichrath, J., Reinhold, U., & Tilgen, W. (2002). Treatment of genito-anal lesions in inflammatory skin diseases with PUVA cream photochemotherapy: an open pilot study in 12 patients. *Dermatology*; 205(3), 245-248. <https://doi.org/10.1159/000065858>
- Renner, R., Treudler, R., Gebhardt, C., & Simon, J. C. (2009). [Ulcerated plantar lichen planus. Successful treatment with cyclosporine]. *Hautarzt*; 60(8). 647-650. [Article in German] <https://doi.org/10.1007/s00105-008-1674-0>
- Rhodus, N. L, Cheng, B., Bowles, W., Myers, S., Miller, L., & Ondery, F. (2006). Proinflammatory cytokine levels in saliva before and after treatment of (erosive) oral lichen planus with dexamethasone. *Oral Diseases*, 12(2), 112-116. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2005.01165.x>
- Samyia, M., & Lin, A.N. (2012). Efficacy of topical calcineurin inhibitors in lichen planus. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*, 16(4), 221-229. <https://doi.org/10.1177/120347541201600403>
- Sanchez-Perez, J., De Castro, M., Buezo, G.F., Fernandez-Herrera, Borque, M.J, & Garcia-Diez, A. (1996). Lichen planus and hepatitis C virus: prevalence and clinical presentation of patients with lichen planus and hepatitis C virus infection. *The British Journal of Dermatology*, 134(4), 715-719. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1996.tb06977.x>
- Schmitt, E. C., Pigatto, P.D., Boneschi, V., Bigardi, A. S., & Finzi, A. F. (1993). [Erosive lichen planus of the glans penis. Treatment with cyclosporin A.]. *Hautarzt*, 44(1), 43-45 [Article in German]
- Schram, M. E., Borgonjen, R. J., Bik, C. M., van der Schroeff, J. G., van Everdingen, J. J., & Spuls, P.I. (2011). Off-label use of azathioprine in dermatology: a systematic review. *Archives of Dermatology*, 147(4), 474-488. <https://doi.org/10.1001/archdermatol.2011.79>
- Siponen, M., Huuskonen, L., Kallio-Pulkkinen, S., Nieminen, P., & Salo, T. (2017). Topical tacrolimus, triamcinolone acetonide, and placebo in oral lichen planus: a pilot randomized controlled trial. *Oral Diseases*, 23(5), 660-668. <https://doi.org/10.1111/odi.12653>
- Sivaraman, S., Santham, K., Nelson, A., Laliytha, B., Azhalvel, P., & Deepak, J. H. (2016). A randomized triple-blind clinical trial to compare the effectiveness of topical triamcinolone acetonate (0.1%), clobetasol propionate (0.05%), and tacrolimus orabase (0.03%) in the management of oral lichen planus. *Journal of Pharmacy Bioallied Sciences*, 8(Suppl 1), S86-S89. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.191976>
- Shiple, C. A., & Spivakovsky, S. (2016). Tacrolimus or clobetasol for treatment of oral lichen planus. *Evidenced-Based Dentistry*, 17(1), 16. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6401150>
- Singh, A. R., Rai, A., Aftab, M., Jain, S., & Singh, M. (2017) Efficacy of steroidal vs nonsteroidal agents in oral lichen planus: a randomised, open-label study. *The Journal of Laryngology and Otology*; 131(1), 69-76. <https://doi.org/10.1017/S0022215116009658>
- Solak, B., Kara, R. O., & Kosem, M. (2015). Palmoplantar lichen planus successfully treated with acitretin. *BMJ Case Report*, <https://doi.org/10.1136/bcr-2015-211115>
- Stefanidou, M. P., Ioannidou, D. J., Panayiotides, J. G., & Tosca, A. D. (1999). Low molecular weight heparin; a novel alternative therapeutic approach for lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 141(6), 1040-1045. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.1999.03202.x>
- Sun, A., Chia, J. S., Chang, Y. F., & Chiang, C. P. (2002). Serum interleukin-6 level is a useful marker in evaluating therapeutic effects of levamisole and Chinese medicinal herbs in patients with oral lichen planus. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 31(4), 196-203. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0714.2002.310402.x>
- Tarakji, B., Ashok, N., Alakeel, R., Azzeghaibi, S., A Umair, A., Darwish, S., Mahmoud, R., & Elkhatat E. (2014). Hepatitis B vaccination and associated oral manifestations: a non-systematic review of literature and case reports. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 4(6), 829-836. <https://doi.org/10.4103/2141-9248.144870>
- Theng, C. T., Tan, S. H., Goh, C. L., Suresh, S., Wong, H. B., & Machin, D. (2004). Singapore Lichen Planus Study Group. A randomized controlled trial to compare calcipotriol with betamethasone valerate for the treatment of cutaneous lichen planus. *The Journal of Dermatological Treatment*, 15(3), 141-145. <https://doi.org/10.1080/09546630410031891>

- Thongprasom, K., Luangjarmekorn, L., Sererat, T., & Taweessap, W. (1992). Relative efficacy of fluocinonide acetone compared with triamcinolone acetone in treatment of oral lichen planus. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 21(10), 456-458. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.1992.tb00974.x>
- Undre, N. A., Moloney, F. J., Ahmadi, S., Stevenson, P., & Murphy, G. M. (2009). Skin and systemic pharmacokinetics of tacrolimus following topical application of tacrolimus ointment in adults with moderate to severe topical dermatitis. *The British Journal of Dermatology*, 160(3), 665-669. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08974.x>
- Usatine, R. P., & Tinitigan, M. (2011). Diagnosis and treatment of lichen planus. *American Academy of Family Physicians*, 84(1), 53-60. <https://www.aafp.org/afp/2011/0701/p53.pdf>
- Verma, K. K., Mittal, R., & Manchanda, V. (2001). Azathioprine for the treatment of severe erosive oral and generalized lichen planus. *Acta Dermatovenereologica*, 81(5), 378-379. <https://doi.org/10.1080/000155501317140197>
- Verma, P., & Pandhi, D. (2015). Topical tacrolimus and oral dapsone combination regimen in lichen planus pigmentosus. *Skinmed*, 13(5), 351-354.
- Volz, T., Caroli, U., Lüdtke, H., Bräutigam, M., Kohler-Späth, H., Röcken, M., & Biedermann, T. (2008). Pimecrolimus cream 1 % in erosive oral lichen planus - a prospective randomized double-blind vehicle-controlled study. *The British Journal of Dermatology*, 159(4), 936-941. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08726.x>
- Wackernagel, A., Legat, F. J., Hofer, A., Quehenberger, F., Kerl, H., & Wolf, P. (2007). Psoralen plus UVA vs. UVB-311 nm for the treatment of lichen planus. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*; 23(1), 15-19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2007.00261.x>
- Washio, K., Nakamura, A., Fukuda, S., Hashimoto, T., & Horikawa, T. (2013). A case of lichen planus pemphigoides successfully treated with a combination of cyclosporine a and prednisolone. *Case Report in Dermatology*, 5(1), 84-87. <https://doi.org/10.1159/000350285>
- Wu, Y., Zhou, G., Zeng, H., Xiong, C.R., Lin, M., & Zhou, H.M. (2010). A randomized double-blind, positive-control trial of topical thalidomide in erosive oral lichen planus. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 110(2), 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.03.034>
- Yasar, S., Serdar, Z. A., Goktay, F., Doner, N., Tanzer C., Akkaya D., & Gunes, P. (2011). The successful treatment of palmoplantar hyperkeratotic lichen planus with enoxaparin. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 77(1), 64-66. <https://doi.org/10.4103/0378-6323.74989>
- Zakrzewska, J. M., Chan, E. S., & Thornhill, M. H. (2005). A systematic review of placebo-controlled randomized clinical trials of treatments used in oral lichen planus. *The British Journal of Dermatology*, 153(2), 336-341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2005.06493.x>
- Zuo, W. X., Li, X. Y., Cai, G. Y., & Chen, Y. Q. (2013). [A randomized single-blind controlled clinical trial of tacrolimus mouth rinse on erosive oral lichen planus.] *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, 22(6), 708-710. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24469140/>

Модернизация упаковки для молока в результате замены алюминиевой фольги на металлизированный полиэтилен

Ананьев Владимир Владимирович

ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Адрес: 107023, город Москва, ул. Большая Семеновская, дом 38
E-mail: vovan261147@yandex.ru

Банникова Ольга Анатольевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: bannikova2106@rambler.ru

Альхаир Али

ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»
Адрес: 107023, город Москва, ул. Большая Семеновская, дом 38
E-mail: alkheerali@gmail.com

В статье рассматривается возможность модернизации технологии производства комбинированных упаковочных полимерных материалов, используемых для упаковки молока и молочной продукции. Многослойные и комбинированные пленочные материалы состоят из слоев полиэтилена низкой плотности и бумаги, иногда в сочетании со слоями алюминиевой фольги или металлизированной алюминием бумаги. Перспективным направлением исследований следует считать эксперименты по возможности замены фольги или металлизированной бумаги металлизированным полиэтиленом. Металлизированные пленки дешевле алюминиевой фольги, а также имеют целый ряд технологических и эксплуатационных преимуществ: меньшую массу, уменьшают или даже исключают повреждение слоев при сгибаниях материала, или деформациях упаковки. Кроме того, замена фольги на металлизированный полиэтилен повышает уровень адгезионного взаимодействия между слоями комбинированного материала. При этом затраты на изготовление такого материала не только не повышаются, но их можно даже заметно снизить. В результате проведенных экспериментальных исследований, и испытаний полученных образцов установлено: комбинированные материалы на основе металлизированных пленок имеют меньшую дефектность по сравнению с фольгированными материалами. Это обеспечивает улучшение ряда свойств пленок - уменьшает их проницаемость по отношению к газам (для большинства пищевых продуктов важен этот показатель по кислороду) и парам воды, уменьшается число сквозных отверстий, при этом растут показатели прочности, а также снижается расход материалов для изготовления упаковки.

Ключевые слова: комбинированные упаковочные материалы, адгезионная прочность, металлизированный полиэтилен, экструзионное ламинирование, фольга

Введение

В последние годы прослеживается устойчивая тенденция в упаковочной отрасли к замене пленочных материалов со слоем алюминиевой фольги металлизированными пленками (Зелке, 2011).

Напыление металлического покрытия (чаще всего алюминия) на полимерные пленочные материалы

позволяет экономить до 99 % металла по сравнению с использованием фольги, а также и применять более безопасные в экологическом отношении технологии.

В обширном сегменте рынка асептической упаковки сейчас нет недорогого упаковочного многослойного или комбинированного пленочного материала на основе бумаги или картона, обеспе-

чивающего долговременное хранение пищевых продуктов. Такие материалы должны быть сравнимы с комбинированными пленками на основе алюминиевой фольги, которые имеют высокий уровень барьерных свойств, и обеспечивают сохранение характеристик консервированных пищевых продуктов в течение более 3 месяцев.

В настоящее время используют пленочные материалы, которые обеспечивают хорошие барьерные характеристики, но либо имеют недостаточно высокие механические свойства в многослойном материале (например, адгезионную прочность), либо возникают сложности при создании в многослойных материалах достаточно тонких слоев (Банникова, 2012; Ананьев, 2019). При достижимой толщине пленки имеют большую удельную массу, оказываются значительно более дорогостоящими, и поэтому не являются экономически целесообразными для упаковки, например, молока и молочных продуктов (Coles, 2009).

Литературный обзор

Из анализа современного состояния и перспектив развития технологии изготовления многослойных и комбинированных пленочных материалов следует, что первоочередной задачей, стоящей перед упаковочной отраслью, является разработка новых технологий. Они должны обеспечивать достижение необходимого комплекса характеристик пленок: высоких барьерных свойств, небольшой удельной массы (масса одного квадратного метра пленки), способность к термической сварке при формировании тары, а также экономическую и экологическую целесообразность ее использования (Bayus, 2016). Кроме того, растет интерес к разработке новых стратегий в области упаковки пищевых продуктов (Alvarez, 2011; Madhusudan, 2018).

Повышение требований потребителей к качеству безопасности продуктов питания привело к применению новых технологий консервирования пищевых продуктов. Упаковка, содержащая натуральные antimicrobные агенты, является хорошим примером увеличения срока годности пищевых продуктов (Кириш, 2017; Безнаева, 2014; Manfredi, 2015).

Комбинированные материалы находят широкое применение в качестве упаковки. Это объясняется широкими возможностями варьирования их свойств за счет: альтернативности состава полимерного композиционного материала, установления порядка чередования слоев, гарантию необ-

ходимого уровня адгезионного взаимодействия между слоями, возможностью выбора оптимальной технологии и оборудования для получения конкретного материала (Robertson, 2016; Локшин, 2002; Аксенова, 2009; Ананьев, 2011; Sidwell, 2007).

Многие годы нишу упаковки молока занимал комбинированный многослойный материал на основе картона, алюминиевой фольги и полиэтилена низкой плотности (Kerry, 2012). Использование фольги в качестве компонента в многослойных материалах обеспечивает длительные сроки хранения продуктов питания без добавления в них специальных химических соединений - стабилизаторов и консервантов, традиционно применяемых для обеспечения сохранности продуктов при длительном хранении (Бляйш, 2010; Bishop, 2016).

В последнее время при изготовлении комбинированных упаковочных материалов применяют металлизированные полимерные пленки. Металлизация - процесс нанесения сверхтонких слоев металла (до 3×10^{-7} м) на поверхность пленочного материала. Процесс происходит в высоком вакууме. При металлизации значительно снижается газопроницаемость пленочных материалов, при небольшом расходе металла достигается непрозрачность упаковки, в том числе и для УФ-части спектра. Использование металлизированных пленочных материалов оказалось экономичнее использования алюминиевой фольги и имеет ряд технологических преимуществ: обеспечивает уменьшение массы пленочного материала, исключает повреждение металлического слоя при изгибах материала. Чаще всего при создании металлизированных упаковочных материалов применяют пленки на основе сополимера этилена с винилацетатом (типа ЭВА), сополимер ПВХ, полипропилен, полиэтилентерефталат, реже полиэтилен (Haidara, 1990; Gupta, 2009; Goydan, 2009; Bayus, 2016).

При производстве комбинированных пленочных материалов используют экструзионное ламинирование. Этот способ заключается в нанесении расплава полимера через плоскощелевую головку на другие полимерные пленки, бумагу, фольгу или ткань. Расплав, обычно имеющий температуру выше 300 °С прикатывается к основе под давлением валами, что должно обеспечивать высокую адгезионную прочность между слоями. В следующих узлах технологической установки такое ламинирование может повторяться (Klaiman, 2016).

Несмотря на бурное развитие упаковочных технологий и производства пленок, комбинированный материал на основе полиэтилена, фольги и карто-

на остается на сегодняшний день самым востребованным материалом для упаковки молока и молочных напитков. (Pinto, 2014)

Производство многослойной упаковки – это важный сектор экономики, который занят в основном зарубежными компаниями. Потребителями являются практически все предприятия, производящие продукты питания, промышленную и сельскохозяйственную продукцию (Alvarez, 2011).

Цель настоящей работы заключается в исследовании свойств комбинированного материала для упаковки молока и молочных напитков с металлизированным слоем полиэтилена, и возможность замены им алюминиевой фольги.

Замена фольги на металлизированный слой приведет к значительному экономическому эффекту, а также обеспечит повышенное качество и безопасность упакованных продуктов.

Выбор упаковочного материала определяется биохимическим составом упаковываемого продукта, его свойствами, условиями и сроками хранения, что требует квалифицированного подхода к технологиям создания такой упаковки (ФЗ, 2008; ТР, 2008; ТР, 2013; ГОСТ 33118-2014).

Так, например, в молоко входит более 100 различных компонентов: вода, белки (главным образом казеин, лактальбумин, глобулины), углеводы (в основном лактоза), жиры, минеральные вещества (в том числе микроэлементы в виде солей органических и неорганических кислот – преимущественно кальций и фосфор), витамины (А, D, С и другие), свыше 60 ферментов, гормонов и иммунных тел (Федотова, 2007; Федотова, 2019; Шалыгина, 2007).

Методика исследования

Исследования проводились в лаборатории композитных материалов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» совместно с сотрудниками ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет».

Основным объектом исследования была металлизированная алюминием пленка из полиэтилена низкой плотности производства «Галилео Нанотех» толщиной 36 мкм. Для сравнения с ней были выбраны следующие материалы: металлизированная алюминием бумага, используемая для изготовления пакетов для молока и молочных продуктов, производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК»

и комбинированный многослойный материал на основе алюминиевой фольги производства компании «Tetra Pak». Из данных материалов производят широкий ассортимент упаковки для молока и молочных напитков. Исследуемые материалы выбраны с учетом требований к упаковочному материалу, используемому в молочной промышленности, изложенных в ГОСТ Р 52145-2003 «Материалы комбинированные на основе алюминиевой фольги».

Исследование дефектности пленочных материалов проводили методом оптической микроскопии с помощью цифрового оптического микроскопа «Эксперт», с регистрацией информации на компьютере, и обеспечивающем возможность оперативного наблюдения на дисплее компьютера прозрачных и непрозрачных малоразмерных объектов с помощью программного обеспечения «µSOFT View™». Микроскоп обеспечивает изучение объектов как в проходящем, так и в отраженном свете с плавным изменением увеличения от x10 до x100, подсветка светодиодная (верхняя и нижняя) с 11 градациями яркости, разрешение микроскопа 8 мкм.

Исследуемые материалы помещаются на предметное стекло, прикрепленное к штативу микроскопа, и фиксируются. Изображение объекта с микроскопа передается на дисплей компьютера. Для каждого исследуемого материала исследовали не менее 10 образцов.

Для количественной оценки прочности сварного соединения, получаемого методом термоконтантной тепловой сварки, использовали разрывную машину РМ-50, которая также оснащена программным обеспечением с компьютерным интерфейсом «Stretch Test». Сущность применяемого метода оценки заключается в разделении слоев, образующих сварное соединение, и определении нагрузки, необходимой для разделения испытуемого образца.

Исследуемый комбинированный материал нарезают на полоски шириной $(15,0 \pm 0,2)$ мм и длиной не менее 30 мм в поперечном и продольном направлениях. Вырезанные образцы совмещали термосвариваемыми слоями и сваривали с помощью термосварочного аппарата.

Для измерения сопротивления расслаиванию свободные концы сваренных образцов закрепляли в зажимах разрывной машины, при этом сварной шов находился посередине между зажимами и под углом 90 °С к плоскости расположения зажимов.

Определяли среднее значение усилия расслаивания как среднее арифметическое пяти измерений.

Метод определения массы 1 кв. м материала проводили в соответствии с ТУ 5456-198-00419785-99 «Материал комбинированный на основе бумаги и алюминиевой фольги». Сущность метода заключается в определении массы образца материала известной площади, и в расчете массы 1 кв. м.

Исходя из полученных данных, определяли массу алюминия, необходимого для металлизации 1 кв. м полиэтилена, и массу 1 кв. м. алюминиевой фольги, которая используется при производстве комбинированных материалов. Для проведения испытания использовали аналитические весы с точностью взвешивания 0,002 г (ГОСТ Р 53228-2008).

Для измерения толщины использовали механический толщиномер с точностью измерения 1 мкм. Для проведения этих исследований из листов материалов вырезали по 5 образцов размером 100 x 100 мм. Образцы должны быть без складок, вмятин, морщин и других повреждений. За окончательный результат испытаний принимали среднее арифметическое всех проведенных измерений.

Результаты исследований

Дефектность пленочных материалов отчетливо видно на полученных микрофотографиях



(а)

исследуемых материалов (рисунок 1):

На основании изучения полученных микрофотографий на рисунке 1, можно сделать вывод, что металлизированная алюминием пленка из полиэтилена низкой плотности производства «Галилео Нанотех» имеет меньшее количество дефектов (сквозных отверстий в металлическом слое), по сравнению с металлизированной бумагой производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК», используемой для изготовления пакетов для молока и молочных продуктов.

Характеристика расходов материалов и результаты взвешивания их образцов приведены в таблице 1.

Расход материала на изготовление 1 кв. м. комбинированной пленки, рассчитаем их исходя из полученных данных:

Для производства кв. м. упаковочного материала расход металлизированной бумаги производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» составит:

$$0,0071 \times 10000 = 71 \text{ г};$$

Для металлизированной полиэтиленовой пленки производства «Галилео Нанотех»:

$$0,00364 \times 10000 = 36,4 \text{ г.}$$

Измерение толщины каждого материала с помощью микрометра (ГОСТ 11358-89). Средние результаты представлены в таблице 2.



(б)

Рисунок 1. Фотографии материалов при оптическом увеличении $\times 100$: а. металлизированная алюминием пленка из полиэтилена низкой плотности производства «Галилео Нанотех», б. металлизированная бумага производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК, используемая для изготовления пакетов для молока и молочных продуктов

Измерение толщины металлизированного показало, что толщина слоя находится в пределах от 0,2 до 0,3 мкм. Толщина алюминиевой фольги - в пределах от 7 до 12 мкм.

Далее рассчитываем среднее количество алюминия, необходимое для покрытия 1 кв. м. полиэтилена и массу алюминиевой фольги, затраченную на изготовление 1 кв. м комбинированной пленки:

Учитывая, что плотность алюминия равна 2,7 г/куб. см. его средний расход (исходя из средней толщины покрытия 0,3 мкм) для металлизированной полиэтиленовой пленки производства «Галилео Нанотех» и для металлизированной бумаги производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» составит:

$$0,3 \times 2,7 = 0,81 \text{ г/кв. м.}$$

Для комбинированного многослойного материала на основе алюминиевой фольги производства «Tetra Pak». В настоящее время для изготовления комбинированных материалов используют фольгу толщиной от 7 до 15 мкм.

Тогда расход алюминия для изготовления 1 кв. м. составит:

$$(7 \div 15) \times 2,7 = 1,9 \div 40,5 \text{ г/кв. м.}$$

Для сохранения целостности упаковки и качества упакованной продукции, обеспечения выполнения требований санитарных норм большое значение имеют параметры формирования тер-

мосвариваемого слоя (СанПиН 2.3.4.551-96). При производстве обычная температура экструзии полиэтилена в процессе изготовления комбинированного материала экструзионно-ламинаторным методом (более 300 °С). При таких температурах степень окисления поверхности полимера высока и это неминуемо сказывается как на гигиенических свойствах упаковочного материала, так и на прочности сварного соединения. Для обеспечения санитарной безопасности термосвариваемый слой полиэтилена, экструдированной при высокой температуре, в экструзионно-ламинаторном процессе приходится дополнительно покрывать еще одним слоем полиэтилена, но экструдированном при более низкой (около 270 °С) температуре. Таким образом, вынужденной мерой является повышенный расход полиэтилена на дополнительный слой, а, кроме того, требуется и установка еще одного экструдера для его нанесения.

При использовании металлизированного полиэтилена таких проблем не возникает, т.к. в этом случае используют полиэтиленовую пленку, изготовленную рукавным способом при температурах расплава, не превышающих 190 °С. Такая пленка имеет хорошие санитарно-гигиенические показатели.

На основании проведенного анализа предъявляемых требований к упаковочным материалам, требовалось оценить, как эти технологические факторы влияют на прочность сварного соединения в исследуемых материалах.

Результаты испытания прочности сварного соединения приведены в таблице 3.

Таблица 1

Масса исследуемых образцов площадью 1 кв. см. в граммах

	Металлизированная ПЭ пленка производства «Галилео Нанотех»	Металлизированная бумага, используемая для изготовления пакетов для молока и молочных продуктов, производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК»
1	0,0037	0,0069
2	0,0034	0,0067
3	0,0039	0,0068
4	0,0036	0,0076
5	0,0036	0,0076
Средняя масса	0,00364	0,0071

Таблица 2

Толщина материалов в мкм

	Металлизированная ПЭ пленка производства «Галилео Нанотех»	Металлизированная бумага, используемая для изготовления пакетов для молока и молочных продуктов, производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК»
	36	60

Из данных, приведенных в таблице 3, следует, что характеристики всех испытанных вариантов комбинированных материалов обеспечивают прочность сварного шва выше показателей значений, приведенных в технической документации на материалы для упаковки молока и молочных продуктов.

Обсуждение

К настоящему времени оптические свойства полимерных упаковочных пленок описаны в работах (Зуев, 2012; Серова, 2014; Серова, 2015; Серова, 2016;) Однако в литературе отсутствуют данные по оптической микроскопии металлизированной пленки из полиэтилена низкой плотности. Известно, что проницаемость газов в виде потока через отверстия даже малых размеров в сотни, или даже в тысячи раз превышает их проницаемость через объем материалов за счет диффузии (Chalykh, 1988). Исследования показали, что замена алюминиевой фольги на менее дефектный металлизированный полиэтилен приведет к снижению газопроницаемости упаковки, а также лучше защитит упакованный продукт от света.

Расчёт среднего количества алюминия, необходимого для покрытия 1 кв. м. полиэтилена и массы алюминиевой фольги, затраченную на изготовление 1 кв. м комбинированной пленки показал, что при использовании металлизированного полиэтилена расход алюминия на единицу площади комбинированного материала уменьшается в (19/0,81 ÷ 40,5/0,81), то есть от 23 до 50 раз.

Изучение влияния сварных соединений на барьерные свойства является особенно важным при разработке новых материалов. Исследования позволяют на основании полученных данных получать материалы с требуемым комплексом эксплуатационных характеристик, что способствует продлению срока годности упакованного пищевого продукта. (Загидуллин, 2015; Jang, 2008).

Исследования показали, что прочность сварного шва у комбинированного многослойного материала на основе металлизированного полиэтиленовой пленки производства «Галилео Нанотех» в 1,5 раза превышает прочность комбинированного материала на основе фольги производства «Tetra Pak».

Металлизированная полиэтиленовая пленка производства «Галилео Нанотех» обеспечивает характеристики качества комбинированных многослойных материалов, не уступающие материалам, которые уже используют на рынке упаковки молока.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что металлизированные полиэтиленовые пленки имеют меньшее количество дефектов по сравнению с фольгированным материалом, что обеспечивает улучшенные качества комбинированного многослойного материала на ее основе: снижение проницаемости по отношению к газам и воде, увеличение прочности сварного шва, а также уменьшение расхода материала на единицу упаковки.

Использование пленки с напыленным алюминием позволит производителям упаковки молока и молочных напитков получить значительный экономический эффект.

Литература

- Ананьев, В. В., Банникова, О. А., Безнаева, О. В., Чалых, А. Е., Степаненко, В. Ю., Петрова, Т. Ф. (2019). Повышение качества комбинированных упаковочных материалов ультразвуковой обработкой. *Клеи. Герметики. Технологии*, 9, 21-26.
- Аксенова, Т. И., Ананьева, В. В., Дворецкая, Н. М., Иванова, Т. В., Любешкина, Е.Г., & Розанцев, Э. Г. (2009). *Тара и упаковка*. Колос.
- Банникова, О. А. (2012). *Влияние технологических параметров процесса экструзионного ламинирования на свойства комбинированного материала «полиэтилен-бумага»* [Кандидатская

Таблица 3

Прочность сварного шва, Н/м (г/см)

Наименование материала	Прочность сварного шва, Н/м (г/см)
Комбинированный многослойный материал на основе металлизированной бумаги производства АО «Монди Сыктывкарский ЛПК»	231
Комбинированный многослойный материал на основе алюминиевой фольги производства «Tetra Pak»	256
Комбинированный многослойный материал на основе металлизированной полиэтиленовой пленки производства «Галилео Нанотех»	473

- диссертация]. Москва, Россия.
- Безнаева О.В. (2014). *Антимикробная упаковка на основе физически модифицированных пленочных материалов* [Кандидатская диссертация] Москва.
- Бляйш, Г. (2010). Качественная упаковка и производственный процесс. *Молочная промышленность*, 6, 18-19.
- Загидуллин, А. И., Гарипов, Р. М., Хасанов, А. И., Григорьев, А. Ю., & Козлов, А. А. (2015). Влияние параметров сварки на барьерные свойства сварного шва термоусадочных многослойных пленок. *Вестник Технологического университета*, 18(7) 111-114.
- Зелке, С., Кутлер, Д., & Хернандес Р. (2011). *Пластиковая упаковка*. Профессия.
- Зуев, Б. М., Зуев, М. Б., Улитин, Н. В., Дебердеев, Р. Я., & Дебердеев, Т. Р. (2012). Определение оптических и механических свойств полимеров. *Пластические массы*, 7, 7-9.
- Кирш, И. А., Фролова, Ю. В., Безнаева, О. В., Помогова, Д. А., & Тихомиров, А. А. (2017). Создание упаковочных полимерных материалов с антимикробными свойствами. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 7, 3(22), 145-152.
- Локшин, М. З., Макаров, Г. С., & Сиротинский, М. С. (2002). Актуальные вопросы производства и применения алюминия для упаковки. *Цветные металлы*, 12, 47-55.
- Серова, В. Н. (2014). Влияние металлизации и праймирования полиэтилентерефталатной упаковочной пленки на качество красочных слоев, нанесенных на нее способом флексографской печати. *Вестник технологического университета*, 17(12) 65-68.
- Серова, В. Н. (2015). Влияние нанопокрывтия из оксида алюминия на свойства полиэтилентерефталатной упаковочной пленки и нанесенной на нее печатной краски. *Клеи. Герметики. Технологии*, 8, 36-41.
- Серова, В. Н., & Носкова, Э.Н. (2016). Оптические характеристики и светостойкость полимерных упаковочных пленок и нанесенных на них красочных слоев. *Вестник Технологического университета*, 19(15), 61-63.
- Федотова, О. Б. (2007). Роль упаковки в молочной промышленности. *Молочная промышленность*, 5, 4-6.
- Федотова, О. Б., Макаркин, Д. В., Соколова, О. В., & Дунченко, Н. И. (2019). Разработка и исследования пищевой и биологической ценности и потребительских свойств кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен. *Вопросы питания*, 88(2), 101-110.
- Шалыгина, А. М., & Калинина, Л. В. (2007). *Общая технология молока и молочных продуктов*. КолосС.
- Anan'ev, V. V., Bannikova, O. A., & Chalykh, A. E. (2011). Adhesion properties of a paper (cardboard)-polyethylene combined material obtained by the extrusion laminator method. part 2. *International Polymer Science and Technology*, 38(9), 9-10. doi: 10.1177/0307174X1103800903
- Alvarez, V. B., & Pascall, M. A. (2011). Packaging. In *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp.16-23). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00387-3>
- Bayus, J., Ge, Ch., & Thorn, B. (2016). A preliminary environmental assessment of foil and metallized film centered laminates. *Resources, Conservation and Recycling*, 115, 31-41 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.024>
- Bishop, Ch. A., & Mount, E. M. (2016). Vacuum metallizing for flexible packaging. In John R. Wagner, Jr. (Ed.), *Multilayer Flexible Packaging (Second Edition)*, 15, 235-255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37100-1.00015-6>
- Chalykh, A. E., & Zlobin, V. B. (1988). Modern Ideas About Diffusion in Polymer Systems, *Russian Chemical Reviews*, 57(6), 504-519. <https://doi.org/10.1070/RC1988v057n06ABEH003367>
- Coles, R., McDowell, D., & Kirwan., M. J. (2009). *Food Packaging Technology. Packaging technology series*. Wiley.
- Goydan, R., Carroll, T. R., Schwope, A. D., & Grunfeld, M. (1990). Evaluation of Polyester and Metallized-Polyethylene Films for Chemical Protective Clothing Applications. *Plastic Film and Sheeting*, 6(2), 106-116. <https://doi.org/10.1177/875608799000600204>
- Gupta, S., Dixit, M., Sharma, K., & Saxena, N. S. (2009). Mechanical study of metallized polyethylene terephthalate (PET) films. *Surface and Coatings Technology*, 204(5), 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2009.08.051>
- Haidara H., Vallat M. F., Schultz J., & Lutgen P. (1990). Films polymeres metallises: Mesure de l'adhesion polymere-metal [Metallized polymer films: Measurement of polymer-metal adhesion]. *European Polymer Journal*, 26(8), 907-910. [https://doi.org/10.1016/0014-3057\(90\)90166-2](https://doi.org/10.1016/0014-3057(90)90166-2)
- Jang W., Rawson I., & Grunlan J. C. (2008). Layer-by-layer assembly of thin film oxygen barrier. *Thin Solid Films*, 516(16), 4819-4825.
- Klaiman, K., Ortega, D. L., & Garnache, C. (2016). Consumer preferences and demand for packaging material and recyclability. *Resources, Conservation and Recycling*, 115, 1-8.
- Kerry, J. (2012). *9: Aluminium foil packaging. Packaging Technology*. Woodhead Publishing Limited.

- <https://doi.org/10.1533/9780857095701.2.163>
Manfredi, M., Fantin, V., Vignali, G., & Gavara, R. (2015). Environmental assessment of antimicrobial coatings for packaged fresh milk. *Journal of Cleaner Production*, 9515, 291-300. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.048
- Michele S. Pinto, M. S., Pires, A. S. P., Sant'Ana, H. M. P., Soares, N. F. F., & Carvalho, A. F. (2014). Influence of multilayer packaging and microfiltration process on milk shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 1, 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.01.006>
- Madhusudan, P., Chellukuri, N., & Shivakumar, N. (2018). Smart packaging of food for the 21st century – A review with futuristic trends, their feasibility and economics. *Materials Today: Proceedings*, 5(10), 1, 21018-21022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.494>
- Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging: Principles and Practice*. Third Edition. CRC Press.
- Sidwell, J. (2007) Chemical migration from multi-layer packaging into food. *In book: Chemical Migration and Food Contact Materials* (pp.346-370). Rapra Technology. <https://doi.org/10.1533/9781845692094.3.346>

Modernization of Milk Packaging as a Result of Replacing Aluminum Foil with Metallized Polyethylene

Vladimir V. Ananyev

Moscow Polytechnic University
38 Bolshaya Semyonovskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: vovan261147@yandex.ru

Olga A. Bannikova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bannikova2106@rambler.ru

Ali Alkheer

Moscow Polytechnic University
38 Bolshaya Semyonovskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: alkheerali@gmail.com

This paper discusses the possibility of modernizing the production technology of combined packaging polymer materials used for packaging milk and dairy products. Multilayered and combined film materials consist of layers of low-density polyethylene and paper, sometimes combined with layers of aluminum foil or aluminum-metallized paper. Experiments on the possibility of replacing foil or metallized paper with metallized polyethylene should be considered as a promising research trend. Metallized films are cheaper than aluminum foil, and have a number of technological and operational advantages such as less weight, reduce or even eliminate damage to the layers when the material bends or deformations of the package. In addition, replacing the foil with metallized polyethylene increases the level of adhesive interaction between the layers of the combined material. At the same time, the costs of manufacturing this kind of material not only do not increase, but also can even be significantly reduced. Experimental studies and tests of the obtained samples had shown that combined materials based on metallized films have a lower defect rate compared to foiled materials. Experimental studies and tests of the obtained samples had shown that combined materials based on metallized films have a lower defect rate compared to foiled materials. This improves a number of films' properties -reduces their permeability to gases (for most food products, this indicator is important for oxygen) and water vapor, reduces the number of through holes, while increasing the strength indicators, and reduces the consumption of materials for packaging.

Keywords: combined packaging materials, adhesive strength, metallized polyethylene, extrusion lamination, foil

References

- Ananyev V. V., Bannikova, O. A., Beznaeva, O. V., Chalykh, A. E., Stepanenko, V. Yu., Petrova, T. F. (2019). Improving the quality of combined packaging materials by ultrasonic processing. *Klei. Germetiki. Tekhnologii [Glues. Sealants. Technologies]*, 9, 21-26.
- Aksenova, T. I., Ananyeva, V. V., Dvoretzkaya, N. M., Ivanova, T. V., Lyubeshkina, E. G., & Rozantsev, E. G. (2009). *Tara i upakovka [Containers and packaging]*. Kolos.
- Bannikova, O. A. (2012). *Vliyanie tekhnologicheskikh parametrov processa ekstruzionnogo laminirovaniya na svoystva kombinirovannogo materiala «polyeten-bumaga» [Influence of technological parameters of the extrusion lamination process on the properties of the combined material "polyethylene-paper"] [Candidate dissertation]*. Moscow.
- Beznaeva, O. V. (2014). *Antimikrobnaya upakovka na osnove fizicheskii modifitsirovannykh plenochnykh materialov [Antimicrobial packaging based on physically modified film materials] [Candidate dissertation]*. Moscow.
- Bleisch, G. (2010). High-quality packaging and production process. *Molochnaya promyshlennost [The dairy industry]*, 6, 18-19.
- Zagidullin, A. I., Garipov, R. M., Khasanov, A. I., Grigoriev, A. Yu., & Kozlov, A. A. (2015). Influence of welding parameters on the barrier properties of the weld of heat-shrink multilayer films. *Vestnik Teh-*

- nologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 18(7), 111-114.
- Zelke, S., Kutler, D., & Hernandez, R. (2011). *Plastikovaya upakovka* [Plastic packaging]. *Professiya*.
- Zuev, B. M., Zuev, M. B., Ulitin, N. V., Deberdeev, R. Ya., & Deberdeev, T. R. (2012). Determination of optical and mechanical properties of polymers. *Plasticheskie massy* [Plastic masses], 7, 7-9.
- Kirsh, I. A., Frolova, Yu. V., Beznaeva, O. V., Pomogova, D. A., & Tikhomirov, A. A. (2017). Creation of packaging polymer materials with antimicrobial properties. University news. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya* [Applied chemistry and biotechnology], 7, 3(22), 145-152.
- Lokshin, M. Z., Makarov, G. S., & Sirotinsky, M. S. (2002). Current issues of production and application of aluminum for packaging. *Tsvetnyie metally* [Non-ferrous metals], 12, 47-55.
- Serova, V. N. (2014). Influence of metallization and priming of polyethylene terephthalate packaging film on the quality of the colorful layers applied to it by flexographic printing. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the technological University], 17(12), 65-68.
- Serova, V. N. (2015). Influence of aluminum oxide nanocoating on the properties of polyethylene terephthalate packaging film and printing ink applied to it. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Glues. Sealants. Technologies], 8, 36-41.
- Serova V. N. (2016). Noskova E. N. Optical characteristics and light resistance of polymer packaging films and applied colorful layers. *Vestnik Tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the technological University], 19(15), 61-63.
- Fedotova, O. B. (2007). The role of packaging in the dairy industry. *Molochnaya promyshlennost* [The dairy industry], 5, 4-6.
- Fedotova, O. B., Makarkin, D. V., Sokolova, O. V., & Dunchenko, N. I. (2019). Development and research of the nutritional and biological value and consumer properties of a gluten-free fermented milk product with flour. *Voprosy pitaniya* [Questions of nutrition], 88(2), 101-110.
- Shalygina, A. M., & Kalinina, L. V. (2007). *Obshchaya tekhnologiya moloka i molochnyh produktov* [General technology of milk and dairy products]. Kolos.
- Anan'ev, V. V., Bannikova, O. A., & Chalykh, A. E. (2011). Adhesion properties of a paper (cardboard)-polyethylene combined material obtained by the extrusion laminator method. part 2. *International Polymer Science and Technology*, 38(9), 9-10. doi: 10.1177/0307174X1103800903
- Alvarez, V. B., & Pascall, M. A. (2011). Packaging. In *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp.16-23). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00387-3>
- Bayus, J., Ge, Ch., & Thorn, B. (2016). A preliminary environmental assessment of foil and metallized film centered laminates. *Resources, Conservation and Recycling*, 115, 31-41 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.024>
- Bishop, Ch. A., & Mount, E. M. (2016). Vacuum metallizing for flexible packaging. In John R. Wagner, Jr. (Ed.), *Multilayer Flexible Packaging* (Second Edition), 15, 235-255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37100-1.00015-6>
- Chalykh, A. E., & Zlobin, V. B. (1988). Modern Ideas About Diffusion in Polymer Systems, *Russian Chemical Reviews*, 57(6), 504-519. <https://doi.org/10.1070/RC1988v057n06ABEH003367>
- Coles, R., McDowell, D., & Kirwan., M. J. (2009). *Food Packaging Technology. Packaging technology series*. Wiley.
- Goydan, R., Carroll, T. R., Schwope, A. D., & Gruenfeld, M. (1990). Evaluation of Polyester and Metallized-Polyethylene Films for Chemical Protective Clothing Applications. *Plastic Film and Sheeting*, 6(2), 106-116. <https://doi.org/10.1177/875608799000600204>
- Gupta, S., Dixit, M., Sharma, K., & Saxena, N. S. (2009). Mechanical study of metallized polyethylene terephthalate (PET) films. *Surface and Coatings Technology*, 204(5), 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2009.08.051>
- Haidara H., Vallat M. F., Schultz J., & Lutgen P. (1990). Films polymeres metallises: Mesure de l'adhesion polymere-metal [Metallized polymer films: Measurement of polymer-metal adhesion]. *European Polymer Journal*, 26(8), 907-910. [https://doi.org/10.1016/0014-3057\(90\)90166-2](https://doi.org/10.1016/0014-3057(90)90166-2)
- Jang W., Rawson I., & Grunlan J. C. (2008). Layer-by-layer assembly of thin film oxygen barrier. *Thin Solid Films*, 516(16), 4819-4825.
- Klaiman, K., Ortega, D. L., & Garnache, C. (2016). Consumer preferences and demand for packaging material and recyclability. *Resources, Conservation and Recycling*, 115, 1-8.
- Kerry, J. (2012). *9: Aluminium foil packaging. Packaging Technology*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857095701.2.163>
- Manfredi, M., Fantin, V., Vignali, G., & Gavara, R. (2015). Environmental assessment of antimicrobial coatings for packaged fresh milk. *Journal of Cleaner Production*, 9515, 291-300. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.048
- Michele S. Pinto, M. S., Pires, A. S. P., Sant'Ana, H. M. P., Soares, N. F. F., & Carvalho, A. F. (2014). Influence of multilayer packaging and microfiltration process on milk shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 1, 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.01.006>
- Madhusudan, P., Chellukuri, N., & Shivakumar, N.

- (2018). Smart packaging of food for the 21st century – A review with futuristic trends, their feasibility and economics. *Materials Today: Proceedings*, 5(10), 1, 21018-21022. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.494>
- Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging: Principles and Practice*. Third Edition. CRC Press.
- Sidwell, J. (2007) Chemical migration from multi-layer packaging into food. *In book: Chemical Migration and Food Contact Materials* (pp.346-370). Rapra Technology. <https://doi.org/10.1533/9781845692094.3.346>

Обоснование использования пектина в технологии кетчупа

Бутова Светлана Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: vbutov@bk.ru

Вольнова Екатерина Романовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: volnovaer@mgupp.ru

Музыка Максим Юрьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: muzyka@mgupp.ru

Шеголева Ирина Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: shegoleva.mgupp@yandex.ru

Богуслав Долезал

ВЭКОС КСТ

Адрес: 186 00, город Прага, ул. Пернерова 28а, Чешская Республика

E-mail: b.dolezal@vakosxt.cz

Улучшение пищевого рациона населения обеспечивается повышением биологической ценности пищевых продуктов регулярного потребления. К этой группе продуктов относятся соусы – кетчупы. Несложная технология производства и пластичный рецептурный состав кетчупов дают возможность создания новых рецептурных композиций с включением биологически активных веществ, пищевых волокон и других необходимых человеку ингредиентов. На сегодняшний день ассортимент кетчупов промышленной выработки, содержащих в своём составе очищенный пектин в качестве структурообразователя, ограничен. В основном в составе кетчупов и других соусов используются пищевые волокна, в частности цитрусовые. Наличие у пектина функциональных свойств и физиологической активности позволяет рассматривать его как эффективное средство повышения качества и биологической ценности кетчупов. Проведен анализ функциональных и химических характеристик промышленных образцов пектина – яблочного, цитрусового, свекловичного; определены дозировка и способ внесения пектина. Проведена сравнительная оценка эффективности использования в кетчупах традиционных структурообразователей (крахмала и гуаровой камеди) и пектинов, полученных из различных растительных источников. Установлено, что тип структурообразователя существенно влияет на органолептические свойства кетчупа, особенно на его консистенцию. По способности к формированию структуры кетчупа крахмал и гуаровая камедь существенно уступали всем образцам пектина. При использовании крахмала и гуаровой камеди в количестве 0,5% консистенция кетчупов была жидкая, с низкой вязкостью – 8,8-10,8 Па*с. Кетчупы с таким же количеством пектина были более густыми, с вязкостью от 16,6 до 27,3 Па*с. Среди исследованных образцов пектинов наибольшую загущающую способность проявлял свекловичный пектин, наименьшую – пектин цитрусовый. Отмечено, что у кетчупа, содержащего яблочный пектин, был специфический привкус яблочного пюре. В результате работы наиболее гармоничное соотношение органолептических показателей, консистенции и химического состава кетчупа было достигнуто при использовании свекловичного пектина. На основании проведенных исследований разработана рецептура кетчупа с пектиновым структурообразователем. Приготовленный образец кетчупа характеризуется высокими потребительскими свойствами и оздоровительным эффектом.

Ключевые слова: кетчуп, качество, пектин, структурообразователь, пищевая ценность, рецептура пищевого продукта

Введение

Кетчупы являются основным видом плодоовощных соусов, потребляемых россиянами. Они представляют особый сегмент пищевой продукции, это – приправы, улучшающие вкус и усвояемость продуктов питания. Кетчупы получили широкое распространение в качестве дополнения к горячим и холодным блюдам – от бутербродов и гамбургеров до макарон и пиццы, а также к мясным и рыбным блюдам и салатам (Дубовская, 2017; Коршунова, 2007). Несложная технология кетчупов дает возможность создания большого ассортимента рецептурных композиций с включением биологически активных веществ, пищевых волокон и других необходимых человеку ингредиентов.

Исследования потребительских предпочтений в отношении соусов показывают, что россияне охотнее покупают отечественные продукты, в тоже время рынок этой продукции насыщен недостаточно. Таким образом, актуальной является задача создания новых сортов кетчупов с оздоровительным эффектом и гармоничным сочетанием органолептических свойств.

Литературный обзор

В состав традиционной рецептуры кетчупа входят: свежие томаты или томатсодержащий продукт (паста или пюре), соль, сахар, уксусная кислота, структурообразователь, пряноароматические вещества и вода (ГОСТ 32063-2013¹; Дубовская, 2017; Коршунова, 2007). Томатсодержащий продукт может составлять от 10 до 60%. В питательном отношении это – основа кетчупа. Остальные рецептурные компоненты необходимы для образования вкуса, аромата, структуры продукта, улучшения усвоения пищи. В качестве структурообразователей в кетчупах используют природный или модифицированные (реже) крахмалы и гуаровую камедь.

На основании анализа рецептурного состава кетчупов можно отметить следующее. Кетчупы производят из растительного сырья. Как правило, они содержат однотипные пищевые ингредиенты; это касается и структурообразователя. Известны предложения о включении в кетчупы фруктовых пюре вместо обычных структурообразователей (Когай, 2003). Однако состав фруктовых пюре может сильно различаться, в этих условиях качество кетчупа гарантировать сложно. Использование пектина в

качестве структурообразователя ранее рассмотрено недостаточно детально.

Пектин представляет собой растительный биополимер углеводной природы – частично метоксилированную полигалактуроновую кислоту. Человеческий организм практически идеально адаптирован к этому веществу (Потиевский, 2002). В настоящее время пектин используют в ряде пищевых технологий для образования структуры продукта. (Донченко, 2007). Во многих исследованиях показано положительное действие пектина на организм человека. Пектины способны связывать и выводить из организма ионы тяжелых металлов и радионуклиды, усиливать моторику кишечника и выделение желчных кислот (Донченко, 2007; Потиевский, 2002; Eliaz, 2006). Пектины обладают такими видами физиологической активности, как гастропротекторная, иммуномодулирующая, противовоспалительная и другие (Крылова, 2008; Марков, 2009; Потиевский, 2002). Пектины используют для лечения заболеваний, связанных с раздражением слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта; они способны создавать физический барьер для защиты эпителия от опасных микроорганизмов (Vandamm, 2002; Sriamornsak, 2008). Опубликованы данные о том, что пектины могут повышать антиоксидантную активность плазмы крови (Huang, 2011). В ряде работ показано противораковое действие яблочных и цитрусовых пектиновых полисахаридов (Olano-Martin, 2003; Eliaz, 2006).

Теоретическое обоснование

Гармонизация пищевого рациона населения обеспечивается повышением биологической ценности пищевых продуктов регулярного потребления. К этой группе продуктов относятся соусы – кетчупы. Они позволяют улучшить и разнообразить вкус пищи, повысить ее усвоение. Анализ рецептур кетчупов, производимых отечественной промышленностью, показал низкое содержание в них пищевых волокон, одного из важных нутриентов, необходимых для профилактики и лечения ряда заболеваний, в первую очередь, желудочно-кишечного тракта. Промышленные образцы пектина обладают хорошей гелеобразующей способностью (Патент РФ 2601235²). Наличие у пектина функциональных свойств и физиологической активности позволяет рассматривать его как эффективное средство повышения качества и биологической ценности кетчупов.

¹ ГОСТ 32063-2013 Кетчупы. Общие технические условия (с Изменением N 1). Введ. 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

² Патент 2601235 Российская Федерация, МПК A23L 1/22, A23L 1/39 Способ производства томатного соуса «Крымский»; заявитель и патентообладатель Стороженко В.Л. – № 2205570; заявл. 23.08.2001; опубл. 10.06.2003, Бюл. № 16. – 1 с.: ил

Целью работы было научное обоснование использования очищенного пектина в производстве кетчупов, создание рецептуры кетчупа на основе пектинового структурообразователя.

Материалы и методы

Материалы

Объектами исследования были образцы пектина: яблочный низкоэтерифицированный пектин фирмы Pectowin (Польша), яблочный высокоэтерифицированный пектин фирмы Herbstreith&Fox (Германия), цитрусовый высокоэтерифицированный пектин фирмы Herbstreith&Fox (Германия), свекловичный пектин фирмы CP Kelco (Дания). Изучали лабораторные образцы кетчупов, приготовленные из следующих рецептурных ингредиентов: томатная паста 30%-ная, сахар белый, поваренная соль, уксусная кислота, лимонная кислота, сорбат калия, перец черный молотый, перец красный молотый сладкий, перец красный молотый острый, крахмал, гуаровая камедь, вода питьевая, порошок пектина. Рецептурные компоненты соответствовали государственным стандартам РФ и техническим условиям на данную продукцию.

Методы

Определяли органолептические и химические показатели образцов пектина стандартными и известными лабораторными методами (Аверьянова, 2015; Бутова, 2007³; ГОСТ 29186-91⁴). В образцах кетчупа анализировали органолептические показатели – по балловой системе, содержание сухих веществ, титруемую кислотность, массовую долю хлоридов и массовую долю сорбиновой кислоты – стандартными методами (ГОСТ 32063-2013⁵). Содержание каротиноидов, витамина С, общего белка, углеводов, вязкость определяли методами, описанными в лабораторных практикумах и стандартах (Бутова, 2007; Казаков, 1996⁶; ГОСТ 32063-2013⁴).

Методика исследования

Оборудование

В ходе исследования использовалось следующее

оборудование: весы аналитические марки Acculab ALC-210d4, сушильный шкаф электрический круглый 2В-151, рН- потенциометр со стеклянным электродом типа ЛП-3, электрическая плитка «Лазурь», стеклянный капиллярный вискозиметр марки ВПЖ-1, муфельная печь ПМ-8, центрифуга настольная ЕВА-20, программируемый вискозиметр Брукфильда DV-II PRO.

Процедура исследования

Был проведен анализ органолептических, химических и функциональных характеристик четырех образцов пектина: яблочного низкоэтерифицированного (НЭ), яблочного высокоэтерифицированного (ВЭ), цитрусового высокоэтерифицированного (ВЭ), свекловичного. Пектины анализировали на растворимость в воде, щелочных и кислотных растворах, зольность, массовую долю свободных карбоксильных групп, массовую долю пектовой кислоты, степень этерификации, массовую долю балластных веществ, водородный показатель, температуру гелеобразования, вязкость. На основании полученных результатов было сделано заключение о возможности использования образцов пектина для улучшения качества и биологической ценности кетчупов.

Далее были отобраны рецептурные компоненты для производства кетчупа. Компоненты кетчупа и их содержание подбирали таким образом, чтобы получить продукт, имеющий оригинальный вкус, густую, но при этом не рыхлую консистенцию, обладающего оздоровительным эффектом. В состав кетчупа были включены: томатная паста, сахар-песок, поваренная соль, уксусная кислота, лимонная кислота, сорбат калия, пряноароматические вещества – перец черный молотый, перец красный молотый сладкий, перец красный молотый острый, структурообразователь и вода. В качестве структурообразователей были использованы традиционные ингредиенты (крахмал, гуаровая камедь) и четыре образца пектина.

Были приготовлены шесть образцов кетчупа с разными структурообразователями.

В завершении были оценены органолептические, биохимические и физико-химические характеристики полученных кетчупов. Сделаны выводы о возможности использования пектина как структу-

³ Бутова, С. Н. (2007). Биохимические основы биологически активных веществ растительного сырья и отходов его переработки. *Пектин. Методические указания к выполнению лабораторных работ*. Издательский комплекс МГУПП.

⁴ ГОСТ 29186-91 Пектин. Технические условия. Введ. 1993-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 15 с.

⁵ ГОСТ 32063-2013 Кетчупы. Общие технические условия (с Изменением N 1). Введ. 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

⁶ Казаков, Е. Д. (1996). Лабораторный практикум по курсу «Биохимия зерна и продуктов его переработки». Издательский комплекс МГУПП.

рообразователя для кетчупа. Рекомендована новая рецептура кетчупа.

Анализ данных

Для статистической обработки экспериментальных данных, для разработки математической модели процесса стабилизации кетчупа с использованием разных видов пектина использовались пакеты прикладных программ EUREKA и METHOD.

Результаты

Результаты определения органолептических показателей образцов пектина приведены в таблице 1, физико-химические характеристики представлены в таблице 2.

Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили яблочный и цитрусовый пектины, однако, в нашей стране большой интерес представляет свекловичный пектин, поэтому он тоже был включен в программу исследований.

С целью определения возможности формирования структуры кетчупа с помощью пектина были приготовлены шесть вариантов кетчупов с разными структурообразователями: №1 – крахмал; №2 – гуаровая камедь; №3 – пектин яблочный НЭ; №4 – пектин яблочный ВЭ; №5 – пектин цитрусовый ВЭ; №6 – пектин свекловичный. Структурообразователи вносили в количестве 0,5%. Остальные рецептурные компоненты во всех кетчупах были одинаковые. Рецептуры опытных образцов кетчупов представлена в таблице 3.

Опытные образцы кетчупов, приготовленные на основе разных структурообразователей, оценивали по органолептическим показателям и вязкости. Результаты представлены в таблице 4 и на диаграмме 1 соответственно.

Органолептический анализ консистенции кетчупов согласуется с результатами определения их вязкости (диаграмма 1). Наиболее высокую вязкость (27,6 Па*с) имел кетчуп со свекловичным пектином, очень низкую вязкость – кетчупы с крахмалом и гуаровой камедью (8,8 и 10,8 Па*с соответственно).

Таблица 1

Органолептические показатели образцов пектина

№ п.п.	Наименование показателя	Норма по ГОСТ 29186	Характеристика пектинов		
			яблочный НЭ (№1)	яблочный ВЭ (№2)	цитрусовый ВЭ (№3)
1	Внешний вид	Порошок тонкого помола без посторонних включений	Соответствует		
2	Вкус	Слабокислый	Соответствует		
3	Запах	Отсутствует	Соответствует		
4	Цвет	От светло-серого до кремового	Соответствует		

Таблица 2

Физико-химические показатели образцов пектина

№ п.п.	Наименование показателя	Характеристика пектинов			
		яблочный НЭ (№1)	яблочный ВЭ (№2)	цитрусовый ВЭ (№3)	свекловичный (№4)
1	Массовая доля влаги, %	9,85	14,00	12,57	14,20
2	Массовая доля свободных карбоксильных групп, %	11,60	9,20	7,80	9,20
3	Степень этерификации, %	38,90	56,30	63,30	48,00
4	Зольность, %	5,03	3,11	4,05	2,36
5	Массовая доля балластных веществ, %	18,00	13,00	16,70	15,80
6	Водородный показатель, рН	4,2	3,4	3,0	4,2
7	Растворимость, г/100 мл, - в воде	0,59	0,65	0,93	0,65
	- в щелочи (1 н NaOH)	0,11	0,38	0,41	0,23
	- в кислоте (1 н HCl)	0,57	0,58	0,87	0,77
8	Температура гелеобразования, °С	25,0	34,5	34,0	51,0
9	Вязкость гелей, мм ² /с	9,3	4,1	2,8	3,3

Таблица 3
Рецептура опытных образцов кетчупа

№ п.п.	Наименование ингредиента	Содержание ингредиентов в рецептуре, г, на 100 г кетчупа
1	Вода питьевая	46,00
2	Томатная паста	36,40
3	Сахар белый	14,55
4	Поваренная соль	1,40
5	Уксусная кислота, 70%-ная	0,70
6	Лимонная кислота	0,22
7	Сорбат калия	0,10
8	Перец черный молотый	0,05
9	Перец красный молотый сладкий	0,05
10	Перец красный молотый острый	0,03
11	Структурообразователь	0,50

Таблица 4
Влияние типа структурообразователя на органолептические характеристики кетчупов

№ п.п	№ образца кетчупа / структурообразователь	Органолептические показатели, качество – баллы				Комплексная балловая оценка	
		Вкус	Цвет	Запах	Консистенция	Балл	Уровень качества
1	№1/ крахмал	Сладкий, достаточно вкусный – 32	Красный, красивый – 15	Ароматный – 15	Жидкая – 12	74	Удовлетворительно
2	№2 / гуаровая камедь	Сладкий, достаточно вкусный – 32	Красный, красивый – 15	Ароматный – 15	Жидкая – 12	74	Удовлетворительно
3	№3 / пектин яблочный НЭ	Сладкий, достаточно вкусный, имеет привкус яблочного пюре – 29	Красный, красивый – 15	Ароматный – 15	Достаточно густая – 22	81	Хорошо
4	№4 / пектин яблочный ВЭ	Сладкий, удовлетворительный, имеет привкус яблочного пюре – 24	Красный, со слабым коричневым оттенком – 12	Достаточно ароматный – 12	Кремообразная – 18	66	Удовлетворительно
5	№5 / пектин цитрусовый ВЭ	Сладкий, вкусный – 40	Красный, немного бледный – 12	Достаточно ароматный – 12	Немного жидкая – 16	80	Хорошо
6	№6 / пектин свекловичный	Сладкий, вкусный – 40	Красный, красивый – 15	Достаточно ароматный – 12	Густая – 25	92	Очень хорошо

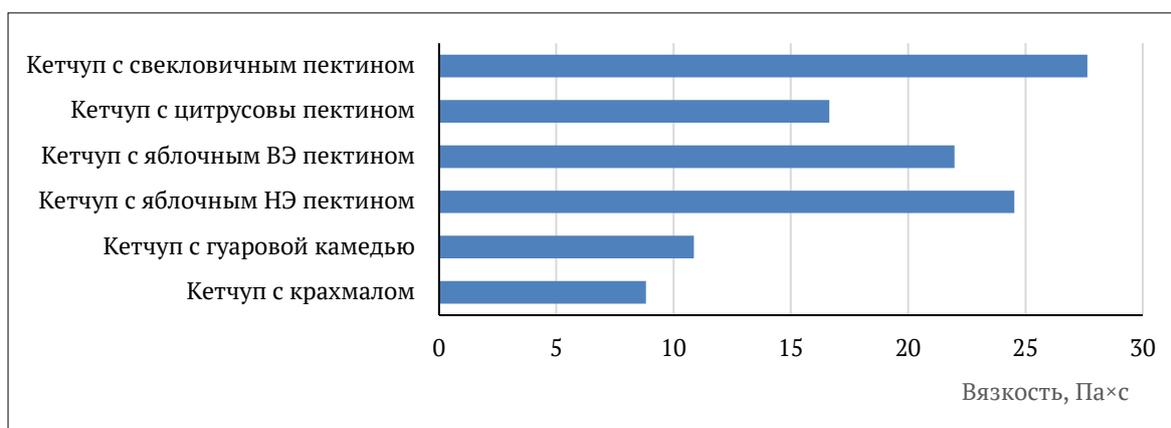


Диаграмма 1. Влияние типа структурообразователя на вязкость кетчупа

В таблице 5 представлены физико-химические характеристики кетчупов, полученных на основе разных структурообразователей.

В работе также была разработана математическая модель процесса стабилизации кетчупа с использованием разных видов пектина. Параметрическая модель процесса стабилизации кетчупа представлена на блок-схеме 2.

Математическая модель процесса стабилизации кетчупа выглядит следующим образом:

$$Y_1 = (13.72 + 2.52 \times X_1 - 0.41 \times X_1^2) \times (15.97 - 4.91 \times X_2 + 5.38 \times X_2^2) / 16.74$$

$$Y_2 = (4.45 - 0.047 \times X_1 + 0.00257 \times X_1^2) \times (4.44 - 0.12 \times X_2 + 0.0013 \times X_2^2) / 4.34$$

Для проверки существования экстремума построили график зависимости критерия от двух входных параметров. График отражён на диаграмме 2.

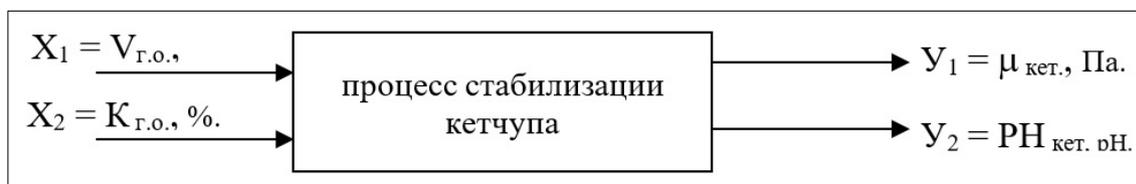
Обсуждение полученных результатов

Результаты показывают, что использованные образцы пектина были доброкачественными. Яблочный ВЭ №1 и цитрусовый пектин соответствовал требованиям ГОСТ 29186-91. Яблочный пектин ВЭ №2 обладал цветом, который отличался от указанного в стандарте. Нормативно-технический документ на свекловичный пектин в российской нормативной базе отсутствует, поэтому провести оценку соответствия его органолептических

Таблица 5

Влияние вида структурообразователя на физико-химические характеристики кетчупов

№ п.п.	Наименование показателя	Образцы кетчупов					
		№1	№2	№3	№4	№5	№6
		Структурообразователи					
		Крахмал	Гуаровая камедь	яблочный НЭ	яблочный ВЭ	цитрусовый ВЭ	свекловичный
1	Содержание сухих веществ, %	30,80	31,00	31,60	31,40	31,30	32,00
2	Титруемая кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	1,03	1,02	1,06	1,04	1,01	1,07
3	Массовая доля хлоридов, %	1,80	1,75	1,79	1,79	1,81	1,79
4	Массовая доля сорбиновой кислоты, %	0,030	0,030	0,028	0,030	0,029	0,028
5	Витамин С, мг/100 г	0,19	0,18	0,21	0,20	0,18	0,23
6	Каротиноиды в пересчете на β-каротин, мг/100 г	13,62	13,65	19,16	19,11	14,23	19,71
7	Общий белок, мг/100 г	113,00	107,00	98,00	99,00	104,00	115,00
8	Гемицеллюлозы, %	3,30	3,50	4,00	3,40	3,90	3,40
9	Клетчатка, %	3,02	3,14	2,90	2,80	2,62	3,60
10	pH	4,35	4,60	4,05	4,03	4,10	4,60



Блок-схема 2. Параметрическая модель процесса стабилизации кетчупа

- Входные параметры: $V_{г.о.}$, отн.ед. – вид структурообразователя (1 ÷ 6, отн.ед.); $K_{г.о.}$, % – количество структурообразователя (0.25 ÷ 1.5,%)
- Выходные параметры: $Y_1 = \mu_{кет.}$, Па. – вязкость кетчупа (8 ÷ 30, %); $Y_2 = pH_{кет.}$, pH. – кислотность кетчупа (4 ÷ 5, pH)

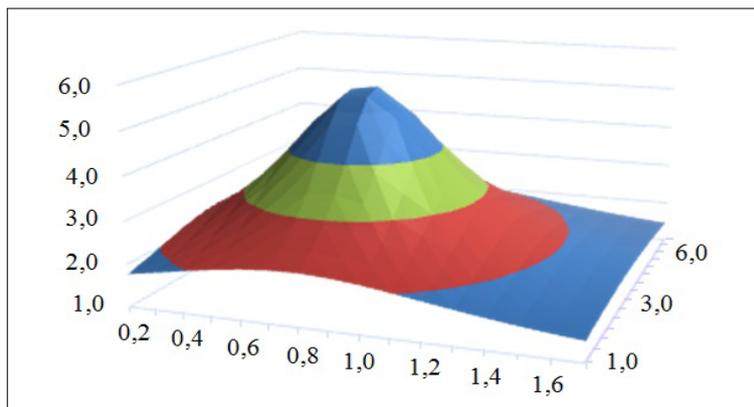


Диаграмма 3. График зависимости от двух входных параметров эксперимента

свойств трудно. Тем не менее, свекловичный пектиновый порошок обладал органолептическими показателями, представленными в MSDS CP Kelco GENU® Beet Pectin.

Химические и функциональные характеристики образцов пектина были на хорошем уровне и соответствовали заявленным производителями видами пектинов. В перспективе

технологического использования пектинов в кетчупе, необходимо учитывать различие образцов пектина по температуре гелеобразования – от 25 °С (яблочный НЭ) до 51 °С (свекловичный), так как температура является важным технологическим фактором при гомогенизации и пастеризации рецептурной смеси.

Другой критерий – растворимость пектина в воде и в кислоте; его значение ограничивает рецептурное количество пектина. Как следует из результатов, рецептурное количество образцов пектина в опытных кетчупах не должно превышать 0,57-0,93%. Чтобы гарантировать полное растворение всех образцов пектина в кислой среде, было принято решение использовать в рецептуре кетчупа количество пектина, равное 0,5%. В целом, был сделан вывод, что исследованные пектины обладают хорошими пищевыми и функциональными свойствами, поэтому могут быть рекомендованы для следующего этапа работы – создания кетчупа на основе пектинового структурообразователя.

Тип структурообразователя существенно влиял на органолептические показатели кетчупа. Образцы кетчупа получили оценку от «очень хорошей» до «удовлетворительной». Наиболее высокую суммарную оценку получил образец №6 с пектином свекловичным – 92 балла (максимум 100 баллов). Он имел гармоничное соотношение вкуса, цвета,

запаха, густую и, в тоже время, нежную консистенцию. Хорошие органолептические свойства показали образцы №3 с пектином яблочным низкоэтерифицированным и №5 с пектином цитрусовым, но у них отмечены некоторые недостатки: у образца №3 – привкус яблочного пюре, а у образца №5 – немного жидкая консистенция.

При использовании в качестве структурообразователей крахмала (образец №1) и гуаровой камеди (образец №2) консистенция кетчупа была жидкой. Пектин яблочный высокоэтерифицированный (образец №4) сформировал кремообразную структуру продукта. Сравнение образцов кетчупа по консистенции показывает, что крахмал и гуаровая камедь имеют относительно пектинов слабую загущающую способность, в рецептуру кетчупов их следует вносить в количествах более 0,5%.

Из данных таблицы 5 следует, что образцы кетчупа имели высокое содержание сухих веществ – от 30,80 до 32,00%. Содержание общего белка составляло от 98,00 до 115,0 мг/100г, каротиноидов – от 13,65 до 19,71 мг/100 г, клетчатки и гемицеллюлоз (общее) – от 6,20 до 6,90%. По этим показателям значительных различий в образцах не выявлено. Отмечено несколько более высокое содержание белка, витамина С и каротиноидов у образца №6 (со свекловичным пектином). Независимо от вида структурообразователя, все образцы кетчупа соответствовали требованиям ГОСТ 32063-2013 по основным показателям качества: титруемая кислотность в пересчете на уксусную кислоту – 1,01-1,07% (норма 0,5-1,8%); массовая доля хлоридов – 1,75-1,81% (норма – не более 2,5%); массовая доля сорбиновой кислоты – 0,028-0,030% (норма – не более 0,05%).

Используя пакет прикладных программ «EUREKA», была решена задача оптимизации процесса стаби-

лизации кетчупа. Установлено, что наилучшая эффективность достигнута при использовании свежесеклового пектина в количестве 1,25 %.

Исходя из результатов исследования, была разработана рецептура кетчупа, в которую в качестве структурообразователя введен пектин свежесекловый в количестве 1,25 %. Приготовленный образец кетчупа получил высокую дегустационную оценку.

Заключение

Получены положительные результаты применения промышленных образцов пектина в качестве структурообразователей для кетчупов. Пектин обладает более высокой загущающей способностью, чем крахмал и гуаровая камедь.

Природный источник пектина и степень этерификации влияют на его технологические свойства и, соответственно, на образуемую консистенцию кетчупа. Наилучшую дегустационную оценку получил кетчуп, приготовленный по разработанной авторами рецептуре, включающей 1,25 % пектина свежесеклового.

В дальнейшей работе планируется определить новые сырьевые источники биологически активных веществ для создания соусов с оздоровительными свойствами.

Литература

Аверьянова, Е. В. (2015). *Пектин: методы выделения и свойства*. Издательство Алтайского государственного

- технического университета.
 Донченко, Л. Ф. (2017). *Пектин: основные свойства, производство и применение*. ДеЛи принт.
 Дубовская, Н. И. (2017). *Приготовление супов и соусов*. Издательство «Академия».
 Коршунова, А. Ф. (2007). *Пищевые технологии: технология эмульсионных соусов, кетчупов и горчицы*. ДонНУЭТ.
 Крылова, Л. А. (2008). Гастропротекторное действие некрахмального полисахарида пектата кальция в эксперименте. *Бюллетень экспериментальной биологической медицины*, 145, 208-209.
 Марков, И. В. (2009). Связь противовоспалительной активности пектинов с их структурой. [Кандидатская диссертация, Казанский государственный университет]. Казань, Российская Федерация.
 Потиевский, Э. Г. (2002). *Медицинские аспекты применения пектина*. Медицинская Книга.
 Eliaz, I. (2006). The effect of modified citrus pectin on urinary excretion of toxic elements. *Phytotherapy*, 20(10), 859-864.
 Huang, P. H. (2011). Antioxidant activity and emulsion-stabilizing effect of pectic enzyme treated pectin in soy protein isolate-stabilized oil/water emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9623-9628.
 Olano-Martin, E. (2003). Pectin and pectin-oligosaccharides induce apoptosis in vitro Human colonic adenocarcinoma cells. *Anticancer research*, 23, 341-346.
 Sriamornsak, P. (2008). Rheological synergy in aqueous mixtures of pectin and mucin. *Carbohydrate Polymers*, 74, 474-481.
 Vandamm, T. F. (2002). The use of polysaccharides to target drugs to the colon. *Carbohydrate Polymers*, 48(3), 219-231.

The Rationale for the Use of Pectin in Ketchup Technology

Svetlana N. Butova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: vbutov@bk.ru*

Ecatherine R. Volnova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: volnovaer@mgupp.ru*

Maxim Y. Musica

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: muzyka@mgupp.ru*

Irina D. Shchegoleva

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: shchegoleva.mgupp@yandex.ru*

Boguslav Dolezal

*VAKOS XT a.s.
28a Pernerova, Praha, 186 00, Czech Republic
E-mail: b.dolezal@vakosxt.cz*

Improving the diet of the population is provided by increasing the biological value of foods of regular consumption. This group of products includes ketchup sauces. The simple production technology and the flexible formulation of ketchups make it possible to create new formulation compositions with the inclusion of biologically active substances, dietary fiber and other ingredients necessary for humans. Previously, the use of industrial pectin samples as structure-forming agents in ketchup was not considered. The presence of pectin functional properties and physiological activity allows us to consider it as an effective means of improving the quality and biological value of ketchups. The analysis of the functional and chemical characteristics of industrial samples of pectin - apple, citrus, beet; determined dosage and method of introducing pectin. A comparative assessment of the effectiveness of using traditional structure-forming agents (starch and guar gum) and pectins of various types in ketchup was carried out. It was found that the type of structure-forming agent significantly affects the organoleptic properties of ketchup, especially its consistency. By the ability to form the structure of ketchup, starch and guar gum were significantly inferior to all pectin samples. When using starch and guar gum in an amount of 0.5 wt.%, The consistency of ketchups was liquid, with a low viscosity of 8.8-10.8 Pa * s. Ketchups with the same amount of pectin were thicker, with a viscosity of 16.6 to 27.3 Pa * s. Among the studied pectin samples, the highest thickening ability is exhibited by beet pectin, highly esterified, and the least - by citrus pectin. It is noted that ketchup containing apple pectin has a specific smack of applesauce. As a result of the work, the most harmonious ratio of organoleptic characteristics, consistency and chemical composition of ketchup was achieved using beet pectin highly esterified. Based on the studies, a ketchup formulation with a pectin builder was developed. The prepared ketchup sample is characterized by high consumer properties and a healing effect.

Keywords: ketchup, quality, pectin, structure-forming agent, biological value, food formulation

References

- Aver'yanova, E.V. (2015). *Pektin: metody vydeleniya i svoystva* [Pectin: methods of isolation and properties]. Izdatel'stvo Altajskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.
- Donchenko, L.F. (2017). *Pektin: osnovnye svoystva, proizvodstvo i primenenie* [Pectin: basic properties, production and application]. DeLi print.
- Dubovskaya, N.I. (2017). *Prigotovlenie supov i sousov* [Cooking soups and sauces]. Izdatel'stvo «Akademiya».
- Korshunova, A.F. (2007). *Pishchevye tekhnologii: tekhnologiya emul'sionnyh sousov, ketchupov i gorchicy* [Food technology: technology of emulsion sauces, ketchups and mustard]. DonNUET.
- Krylova, L. A. (2008). Gastroprotektornoe dejstvie nekrakmal'nogo polisaharida pektata kal'ciya v eksperimente [Gastroprotective effect of non-starch polysaccharide calcium pectate in the experiment]. *Byulleten' eksperimental'noj biologicheskoy mediciny* [Bulletin of Experimental Biological Medicine], 145, 208-209.
- Markov, I. V. (2009). Svyaz' protivovospalitel'noj aktivnosti pektinov s ih strukturoj [The relationship of the anti-inflammatory activity of pectins with their structure] [Candidate dissertation]. Kazan, Russia.
- Potievskij, E. G. (2002). *Medicinskie aspekty primeneniya pektina* [Medical aspects of the use of pectin]. Medicinskaya Kniga.
- Eliaz, I. (2006). The effect of modified citrus pectin on urinary excretion of toxic elements. *Phytotherapy*, 20(10), 859-864.
- Huang, P. H. (2011). Antioxidant activity and emulsion-stabilizing effect of pectic enzyme treated pectin in soy protein isolate-stabilized oil/water emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(17), 9623-9628.
- Olano-Martin, E. (2003). Pectin and pectin-oligosaccharides induce apoptosis in vitro Human colonic adenocarcinoma cells. *Anticancer research*, 23, 341-346.
- Sriamornsak, P. (2008). Rheological synergy in aqueous mixtures of pectin and mucin. *Carbohydrate Polymers*, 74, 474-481.
- Vandamm, T. F. (2002). The use of polysaccharides to target drugs to the colon. *Carbohydrate Polymers*, 48(3), 219-231.

Создание мясных продуктов повышенной биологической ценности с использованием куриной печени и орехового жома

Данильчук Татьяна Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: danil_tn@mail.ru

Ефремова Юлия Геннадьевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: juliarem11@gmail.com

Барковская Ирина Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: barkovskaya.irina2019@yandex.ru

В настоящее время актуальным является разработка продуктов здорового питания, сбалансированных по жизненно важным ингредиентам. В частности для мясных продуктов до сих пор не решена проблема биологической ценности липидного состава и сведения к минимуму количества насыщенных и транс-жиров. В связи с увеличением потребности населения в безлактозных продуктах питания возрастает производство орехового молока и возникает проблема использования вторичных продуктов этого производства – орехового жома. Решение этих проблем может быть найдено в создании мясного продукта, содержащего добавки орехового жома. В статье обоснован выбор куриной печени в качестве сырья для создания новых мясных продуктов. Приведены результаты исследования химического состава жома грецкого ореха как побочного продукта переработки грецкого ореха на ореховое молоко и научно обоснована биологическая ценность жома для использования его в качестве добавки в мясные продукты. Приведена сравнительная характеристика физико-химических, функционально-технологических и органолептических свойств паштетов на основе куриной печени с добавлением различного количества орехового жома. Контролем служил образец паштета, в рецептуру которого входит куриная печень, свинина жирная, масло сливочное, лук и морковь. Эксперименты показали, что наилучшие результаты по всем показателям имеет образец, содержащий 20% жома грецкого ореха. В этом образце количество насыщенных жирных кислот снижено на 30%, а количество полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот увеличено на 12,8% и 16,5% соответственно по сравнению с контрольным образцом. При замене мясного сырья на 20% жома грецкого ореха наблюдалось улучшение органолептических свойств паштета и увеличение выхода готового продукта на 4,8%, по сравнению с контрольным образцом. Предложена рецептура паштета из куриной печени с добавками жома грецкого ореха как пример продукта, обогащенного белком и ненасыщенными жирными кислотами. Даны практические рекомендации по технологии производства паштетов повышенной биологической ценности на основе куриной печени.

Ключевые слова: жом грецкого ореха, куриная печень, биологическая ценность продуктов питания, полиненасыщенные жирные кислоты, мононенасыщенные жирные кислоты

Введение

На сегодняшний день питание взрослого населения не соответствует принципам здорового образа жизни. Наблюдается большое употребление в пищу жира животного происхождения и простых

углеводов. Недостаток в рационе питания человека фруктов и овощей, орехов, рыбы и морепродуктов приводит к распространению алиментарно-зависимых заболеваний: сердечно-сосудистые, сахарный диабет второго типа, остеопороз, подагра, ожирение. По оценкам экспертов ВОЗ, к 2030

г. на долю этих заболеваний будет приходиться до 75% случаев смертей в мире¹. Одной из рекомендаций ФАО / ВОЗ является удаление из рациона питания транс-жиров и увеличение в нем пищи растительного происхождения, сведение к минимуму употребления жирного мяса для сокращения в пище количества насыщенных жирных кислот (Зотова, 2017; Li, 2009). В этой связи в пищевой отрасли особая роль уделяется созданию новых продуктов питания, обогащенных ненасыщенными жирными кислотами (Ипатова, 2009) витаминами и антиоксидантами. В частности для мясных продуктов до сих пор не решена проблема биологической ценности их липидного состава.

В настоящее время у определенной части населения выявлена патология организма, связанная с нарушением переваривания молочной продукции. Патология обусловлена дефицитом фермента β-галактозидазы, который образуется в тонком кишечнике и катализирует расщепление лактозы. Решением вопроса оздоровления этой части населения и поддержания его в активной форме может быть увеличение производства безлактозных продуктов питания, одним из которых является ореховое молоко. Однако наряду с этим возникает проблема использования вторичных продуктов этого производства – орехового жома. Технологи и ученые всего мира ищут различные инновационные решения в получении полезных готовых продуктов при рациональном использовании пищевых ресурсов. Важным аспектом в решении обозначенных проблем является создание нового мясного продукта, содержащего добавки орехового жома (Pogorzelska-Nowicka, 2018).

Литературный обзор

Обеспечить население ассортиментом продуктов высокого качества, обладающих полезными свойствами – одна из основных задач пищевой отрасли. Актуальным является изыскание практических и теоретических подходов, которые будут направлены на разработку функциональных продуктов питания нового поколения. Перспективными в этой связи представляются технологии, основанные на комбинировании сырья растительного и животного происхождения².

Мясные продукты и мясо играют важную роль в питании человека, они содержат значительное количество различных компонентов для полно-

ценной жизнедеятельности, прежде всего полный набор незаменимых аминокислот с хорошим аминокислотным скором (Godfray, 2018; Elsharawy, 2018). Однако мясо не сбалансировано по липидному составу и в нем отсутствуют неперевариваемые волокна. Для нормального протекания жизненных процессов в организме человека, а также для повышения усвояемости мясной пищи необходимо корректировать свойства мясных продуктов за счет растительного сырья (Ding, 2018). Это позволяет не только обогащать мясные продукты полезными витаминами, минералами, макро- и микронутриентами, балластными веществами, но и снижать калорийность (Андреева, 2011), что соответствует принципам функционального питания (Jacobs, 2009; Elmaliklis, 2019).

При использовании растительных компонентов в корректировке и биологической ценности пищевых продуктов необходимо учитывать, что полноценное усвоение аминокислот происходит при употреблении белков растительного и животного происхождения одновременно (Mireles-Arriaga, 2017). Соединяя разные комбинации животных и растительных белков, можно получить продукты, обогащенные незаменимыми микронутриентами с максимальным приближением аминокислотного состава к «эталонному» белку, имеющие повышенную биологическую ценность и улучшенные вкусовые качества (Балябина, 2016).

Орехи и продукты на их основе – важный компонент в питании человека. В последнее время наблюдается повышение уровня употребления орехов населением всего мира. Последние несколько лет мировое производство орехов всех видов активно растет, прибавляя в среднем по 3,5% в год. Так, с 2014-го по 2017 год глобальный валовой сбор, по оценке Минсельхоза США (USDA), увеличился почти на 1 млн.т до 6,4 млн. т. Согласно данным экспертов The International Nut and Dried Fruit Council Foundation INC рост производства и потребления орехов обусловлен повышенным интересом к здоровому питанию и по прогнозам ученых данный рост будет сохраняться (Ганенко, 2018).

Полезные свойства орехов в питании человека были доказаны очень давно. Орехи представляют собой комплексную систему сложных биологически активных компонентов с физиологически значимыми для организма человека свойствами (табл. 1). Орехи – источники растительного белка и лидеры по содержанию ненасыщенных жирных

¹ Moscow Declaration. First Global Ministerial Conference on Healthy Lifestyles and Noncommunicable Diseases

² Европейское региональное бюро Всемирной организации здравоохранения Устранение транс-жиров из продуктов питания в Европе, 2018

кислот (табл. 2). Регулярное употребление орехов положительно влияет на уровень липидов в сыворотке крови, снижает риск развития инсульта, способствует улучшению умственной и сердечной деятельности, укреплению иммунитета (Зес, 2018; Кароматов, 2018).

Для создания новых комбинированных продуктов на мясной основе (McNeill, 2017), сбалансированных не только по аминокислотному, но и по липидному составу целесообразно взять грецкий орех (Jiménez Colmenero, 2003). Он в своем химическом составе содержит высокую массовую долю жира, который в основном представлен полиненасыщенными жирными кислотами, необходимы для нормализации питания человека, и лидирует по их содержанию (табл. 1 и 2). Кроме того, в грецком орехе выявлено более высокое, чем в других видах орехов, содержание токоферолов и витамина Е, которые в свою очередь являются антиоксидантами и защищают продукты от окислительной порчи. Необходимо отметить, что орехи длительное время могут сохранять свои полезные свойства также и при транспортировке благодаря их скорлупе. Срок годности данного вида орехов составляет 10 меся-

цев без потери массы при температуре 0°C и относительной влажности воздуха 75 % (Скрипин, 2012).

Необходимо учитывать также, что по сравнению с другими видами орехов, грецкий занимает «золотую сердцевину» по стоимости сырья (рис. 1). Среднестатистическая цена одного килограмма грецкого ореха составляет 250 рублей.

По данным исследователей зрелые грецкие орехи в своем химическом составе имеют такие вещества как: витамины (табл. 3), дубильные вещества, каротин, хиноны, ситостероны, линоленовую и линолиевую кислоты, галлотанины, эфирные масла, фитонциды, небольшое количество элаговой и галловой кислот, что определяет их высокую пищевую ценность.

В связи с уникальным составом, грецкие орехи широко используются в различных областях пищевой промышленности, а также в лечебно-профилактических целях и в косметологии (Cofrades, 2008). Регулярное употребление этого вида орехов оказывает положительное влияние на организм, которое проявляется в повышении жизненного тонуса

Таблица 1
Сравнительная характеристика химического состава орехов

Массовая доля основных пищевых веществ	Виды орехов					
	Грецкий	Миндаль	Кешью	Арахис	Фундук	Лещина
Вода, %	3,8	4,0	5,3	7,9	4,8	5,4
Белки, %	16,2	20,1	16,7	23,7	15,0	13,0
Зола, %	2,0	3,7	3,2	2,6	3,4	3,6
Жиры, %	65,5	52,0	46,3	49,6	61,5	63,6
Углеводы, %	10,8	15,0	32,7	21,5	4,4	9,3
Клетчатка, %	1,5	1,1	2,5	4,0	1,4	1,6
Калий, мг/100 г	670,0	749,0	565,0	658,0	717	445
Кальций, мг/100 г	135,0	248,0	45,0	54,0	170	188
Витамин Е, мкг/100 г	25,0	24,0	5,7	5,4	20,4	21
Витамин В ₉ , мкг/100 г	82,0	93,0	66,7	5,8	113	0
Йод, мкг/100 г	3,4	2,7	1,7	1,1	0,2	0

Таблица 2
Сравнительная характеристика жирнокислотного состава орехов (Елисеева, 2015; Скурихин, 2008)

Вид ореха	Насыщенные ЖК	Мононенасыщенные ЖК	Полиненасыщенные ЖК	Линоленовая кислота	Линолевая кислота
Грецкий	9,0	21,9	69,1	11,4	57,7
Миндаль	7,8	68,1	18,7	0,09	16,0
Кешью	20,3	59,1	15,7	0,25	15,7
Арахис	16,9	46,2	32,0	0,39	34,1
Фундук	4,46	45,6	8,5	7,3	8,3
Лещина	4,5	47,4	4,6	6,2	0,1

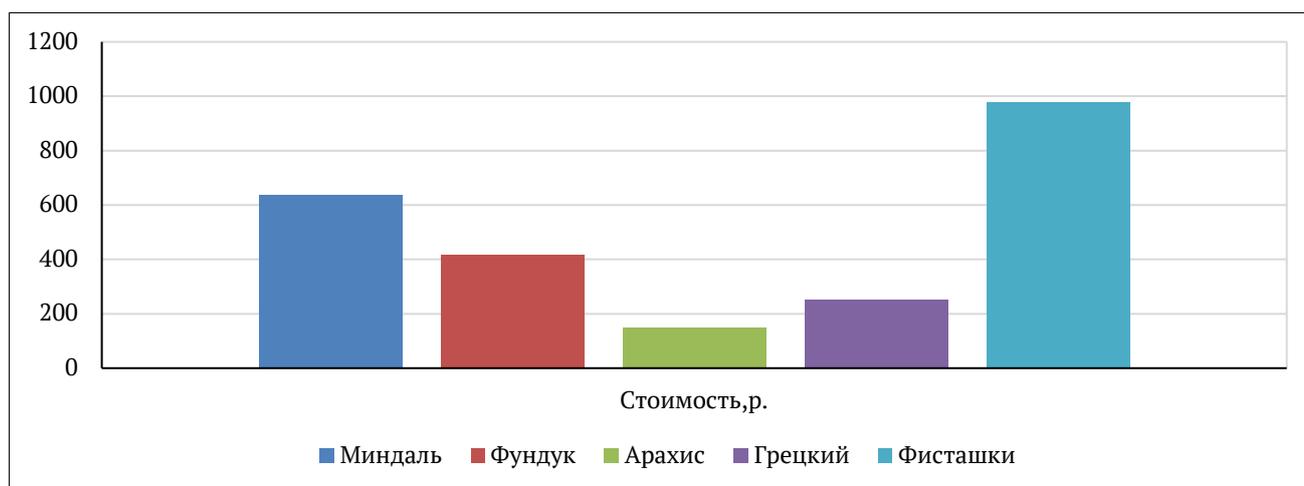


Рисунок 1. Средние цены по России, на некоторые виды орехов, руб.

организма, снижении уровня холестерина и радионуклидов в крови, укреплении защитных функций организма (Кароматов, 2017). Грецкие орехи используются для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы, диабета и других болезней (Гончаров, 2008; Schincaglia, 2017).

Таблица 3

Витамины и макроэлементы, содержащиеся в грецких орехах

Наименование	Количество в порции грецких орехов 100 г, мг%
Натрий	7,0
Калий	474,0
Кальций	89,0
Магний	120,0
Фосфор	332,0
Железо	2,60
Витамин В ₁	0,39
Витамин В ₂	0,12
Витамин РР	1,20
Витамин С	5,80
Витамин Е	1,25

В пищевой промышленности из грецких орехов в основном получают растительное масло (Мирзоев, 2015). Вторичным продуктом производства орехового масла является жмых. Жмых мелкой фракции (в виде порошка) используют на предприятиях пищевой промышленности для изготовления халвы, печенья, тортов, пирожных, конфет грильяжа, пряников, других сладостей и хлебобулочных изделий. Измельченный жмых используют также в качестве наполнителей и добавок к мороженому и творогу. Жмых крупной фракции (в виде хлопьев) используют при производстве мюсли. В последнее время

появляется все больше научных исследований, посвященных применению орехового жмыха в создании новых мясных продуктов (Орлова, 2012).

Другим интересным вторичным продуктом является ореховый жом – масса, остающаяся после переработки орехов на ореховое молоко. Если свойства орехового жмыха изучены достаточно хорошо, то свойства орехового жома еще предстоит изучить, и определить области его использования.

У потребителя стабильно большой популярностью пользуются печеночные паштеты. Среди субпродуктов 1 категории печень и сердце имеют самую высокую биологическую ценность. Интересным объектом для создания комбинированных продуктов питания является куриная печень. Это достаточно не дорогой и легкоусвояемый продукт, насыщенный необходимыми для организма нутриентами: белком, жирами, углеводами, витаминами и минеральными веществами. В куриной печени содержится большое количество железа и гепарина, что считается ее самым полезным свойством. Употребление куриной печени в пищу помогает повышению гемоглобина в крови, при этом гепарин удерживает в норме ее способность к свертываемости, что идеально подходит для профилактики инфаркта миокарда, инсульта и атеросклероза (Kicińska, 2019). Из всех витаминов в куриной печени больше всего содержится холина (витамин В₄), который способствует улучшению памяти и стимуляции деятельности мозга, из-за чего продукты на основе куриной печени полезны людям умственного труда.

Целью настоящей работы являлась разработка нового мясного продукта функциональной направленности, обогащенного белком и ненасыщен-

ными жирными кислотами, на основе куриной печени с добавлением жома грецкого орех. Основные задачи исследования состояли в следующем: изучить свойства жома грецкого ореха, разработать рецептуру функционального мясного продукта в соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ, апробировать разработанную рецептуру; исследовать свойства разработанного продукта.

Методика исследования

Материалы

В качестве объектов исследования были выбраны:

- жом, оставшийся после переработки грецкого ореха на молоко и отжима эмульсии;
- куриная печень;
- свинина жирная;
- печеночный паштет, изготовленный с использованием куриной печени и свинины жирной по рецептуре № 130 Сборника рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания³;
- питные образцы паштета с добавлением различных количеств жома грецкого ореха.

Методы исследования

В работе были использованы следующие методы исследований:

- Определение массовой доли белка по ГОСТ 25011-2017⁴;
- Определение массовой доли жира по ГОСТ 23042-2015⁵;
- Определение массовой доли влаги по ГОСТ 9793-2016⁶;
- Определение массовой доли пищевых волокон⁷;
- Определение показателя активной кислотности рН-метром;
- Определение жирнокислотного состава методом газожидкостной хроматографии. Исполь-

зовали капиллярную колонку длиной 60 м и диаметром 32 мм. Определяли содержание метиловых эфиров жирных кислот. Пробоподготовку проводили следующим образом: выделяли жировую фракцию жома экстракцией в гексане, в экстракт добавляли раствор метилата натрия в абсолютном метаноле. Далее подготовленную пробу исследовали на приборе «Аджимент - 7890». Результаты представлены в % от общего количества жира⁸;

- Определение показателей биологической ценности белков методом расчета аминокислотных скоров незаменимых аминокислот с использованием таблиц химического состава и калорийности Российских продуктов питания⁹;
- Органолептические исследования по ГОСТ 9959-2015¹⁰;

Все эксперименты были проведены в четырехкратной повторности, результаты опытов обрабатывались методами математической статистики. При проверке статистических гипотез применяли уровень доверительной вероятности 0,95.

Оборудование

Для определения показателя активной кислотности (рН) применяли портативный рН-метр «Замер» (модель 2696) со стеклянным электродом, заполненным 0,1 М раствором соляной кислоты и хлорсеребряным электродом сравнения, который содержит насыщенный раствор хлорида калия¹¹.

Для определения массовой доли жира использовали прибор для непрерывной экстракции труднорастворимых твердых веществ из твердых материалов – Экстрактор Сокслета.

Определение жирнокислотного состава пептидов жмыха грецкого ореха проводили методом газожидкостной хроматографии на приборе «Аджимент - 7890» (производство США).

³ Голунова, Л.Е. (2003). Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – Санкт-Петербург, ПрофиКС, с.52.

⁴ ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка (с Изменением N 1). – Введ. 2018-01-07. – М.: Стандартинформ, 2010. – 7 с.

⁵ ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. – Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 8 с.

⁶ ГОСТ 9793-2016 Продукты мясные. Методы определения влаги. – Введ. 2018-01-01. – М.: Стандартинформ, 2017. – 6 с.

⁷ Антипова, Л.В. (2014). Современные методы исследования сырья и продуктов животного происхождения. Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 531 с.

⁸ ГОСТ Р 55483-2013 Мясо и мясные продукты. Определение жирно-кислотного состава методом газовой хроматографии. – Введ. 2013. – 06 – 28. – М.: Стандартинформ, 2013. – 13с.

⁹ Скурихин, М.И. (2008). Таблицы химического состава и калорийности Российских продуктов питания. Справ. издание. – Москва, ДеЛи принт, 276 с.

¹⁰ ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – Введ. 1993-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 46 с.

¹¹ Антипова, Л. В. (2001). Методы исследования мяса и мясных продуктов. – Москва, КолосС, 570 с.

Процедура исследования

Проведен расчет суммарного содержания незаменимых аминокислот в основных рецептурных компонентах паштета на основе куриной печени, рассчитаны скоры незаменимых аминокислот основных компонентов рецептуры и проведена сравнительная оценки показателей их биологической ценности по белковому компоненту.

Определен жирнокислотный состав основных рецептурных компонентов и проведен сравнительный анализ их биологической ценности по липидному компоненту.

Проведены исследования на модельных образцах по модификации функционально-технологических свойств паштетов с добавками различных количеств орехового жома. Проведена сравнительная органолептическая оценка качества полученных продуктов и исследованы их химический состав и физико-химические показатели.

В результате эксперимента установлена оптимальная концентрация вносимого орехового жома, разработана рецептура нового мясного продукта функциональной направленности. Разработаны научные подходы к модификации свойств паштетов и показана перспективность использования для этих целей орехового жома.

Результаты и их обсуждение

Для целенаправленного использования жома, полученного из грецких орехов, в создании новых продуктов питания проводились исследования по изучению его общего химического состава и жирнокислотного состава липидов.

Была проведена также органолептическая оценка жома грецкого ореха на внешний вид, вкус, цвет, аромат, консистенцию, поскольку эти показатели играют важную роль при производстве продуктов питания.

Жом грецкого ореха представлял собой мелкодробленную ореховую массу, оставшуюся после основных стадий переработки грецких орехов на ореховое молоко (очистение от скорлупы, замачивание, дробление, экстрагирование, отжим) (Федосова, 2004).

Органолептические характеристики жома представлены в табл. 4.

Таблица 4

Органолептическая оценка жома грецкого ореха

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	характерный для продуктов из грецких орехов
Цвет	от желтого до светло-коричневого
Запах	приятный, свойственный данному виду продукта
Вкус	характерный для продуктов из грецких орехов
Консистенция	тонкодисперсный порошок

Из анализа химического состава орехового жома было установлено (табл. 5), что жом содержит большое количество белков (до 50 мас.%) и липидов (до 18 мас.%). Проведенный методом жидкостной хроматографии анализ жирнокислотного состава показал, что липиды жома грецкого ореха богаты пальмитоолеиновой, олеиновой, арахидоновой и, особенно, линолевой и линоленовой кислотами (см. ниже по тексту).

Проведенные эксперименты позволили сделать вывод о том, что жом грецкого ореха представляет собой ценное сырье, особенно по жирнокислотному составу и может быть эффективно использован для обогащения мясных продуктов белками и ненасыщенными жирными кислотами и создания на этой основе новых комбинированных продуктов функциональной направленности.

Таблица 5

Химический состав жома грецкого ореха

Исследуемый показатель	Количество, мас.%
Влага	10,8±1,4
Белок	44,3±4,7
Жир	15,5±2,3
Углеводы	22,8±5,1
Пищевые волокна	6,6±0,5

Создание комбинированного продукта осуществляли на основе печеночных паштетов. Выбор паштетной группы обусловлен двумя факторами:

1. Паштеты пользуются популярностью среди населения благодаря их питательным свойствам и доступностью по цене.
2. Паштеты – оптимальное технологическое решение для введения в продукт пищевых добавок.

За основу была выбрана рецептура со следующими компонентами: печень куриная, свинина жирная, масло сливочное, лук, морковь, бульон (паштет №2

130)¹². Проведен сравнительный анализ основных компонентов этой рецептуры по биологической ценности липидов и белков. Результаты анализа жирнокислотного состава представлены в табл.6.

Из таблицы видно, что добавление жома грецкого ореха в рецептуру, позволит обогатить печеночный паштет жирными кислотами класса Омега-3 (линоленовой, эйкозатриеновой, эйкозапентаеновой) и жирными кислотами класса Омега-6 (линолевой, арахидоновой) и сделать этот продукт более сбалансированным по липидному составу в соответствии с современной парадигмой здорового питания.

Важным было также понять, в какой мере добавление жома грецкого ореха в состав паштета на основе куриной печени повлияет на биологическую ценность продукта по белковому составу. Для этого была проведена сравнительная оценка аминокислотного состава белков основных рецептурных компонентов (табл. 7).

Для определения соответствия аминокислотного состава белков рецептурных компонентов потребностям организма человека кроме аминокислотного сора рассмотрен и ряд других показателей: индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), который

Таблица 6
Жирнокислотный состав рецептурных компонентов печеночного паштета, %

Кислота	Название (показатель)	Жмых грецкого ореха	Свинина жирная	Печень куриная
C ₄₋₀	Масляная	0,00	0,0	0,0
C ₆₋₀	Капроновая	0,03	0,01	0,0
C ₈₋₀	Каприловая	0,00	0,00	0,0
C ₁₀₋₀	Деценовая	0,23	0,08	0,0
C ₁₂₋₀	Лауриновая	0,00	0,09	0,0
C ₁₄₋₀	Миристиновая	0,00	1,20	0,24
C ₁₄₋₁	Миристоолеиновая	0,00	0,33	0,27
C _{16-0Σ}	Пальмитиновая	0,00	20,53	21,36
C _{16-1Σ}	Пальмитоолеиновая	6,69	0,03	3,14
C ₁₈₋₀	Стеариновая	0,07	10,83	16,01
C _{18-1Σ}	Олеиновая	3,25	38,39	40,31
C _{18-2Σ}	Линолевая	20,26	9,11	11,65
C _{18-3Σ}	Линоленовая	53,15	0,62	0,24
C ₂₀₋₀	Арахидоновая	11,60	0,39	0,0
C ₂₂₋₀	Бегеновая	0,15	0,001	0,24
C _{20:3ω9}	Эйкозатриеновая	0,94	0,7	0,21
C _{20:5ω3}	Эйкозапентаеновая	0,22	0,001	0,0
C ₁₇₋₀	Маргариновая	1,09	0,33	0,26

представляет собой модифицированный метод химического сора и позволяет учитывать количество всех НАК; коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), показывающий избыточное количество НАК, не используемых на пластические нужды организма. По величине КРАС оценивают биологическую ценность (БЦ) белков в продукте, определяемую по разнице между 100% и КРАС.

Мы рассчитали также значения обобщающих коэффициентов утилитарности (U) для каждого компонента (табл. 8), характеризующие степень сбалансированности НАК по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). В качестве эталона применяли аминокислотную шкалу комитета ФАО/ВОЗ для взрослого человека.

Сравнительный анализ аминокислотного состава белков на основании данных таблиц 7 и 8 показал, что белки куриной печени имеют высокую биологическую ценность – 80%. Нет лимитирующей аминокислоты, аминокислотный скор всех НАК выше 100%, степень сбалансированности аминокислотного состава высокая – 0,84. Биологическая ценность белков свинины жирной находится на уровне 65-66%. Лимитирующей аминокислотой является триптофан, что связано с большим содержанием жира в этом виде сырья. Однако, белки

¹² Голунова, Л.Е. (2003). Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания.– Санкт-Петербург, ПрофиКС, с.52.

Таблица 7

Скоры незаменимых аминокислот (НАК) основных компонентов рецептуры печеночного паштета

Наименование аминокислоты	Жом грецкого ореха	Печень куриная	Свинина жирная
Изолейцин	119,00	130,00	126,75
Лейцин	108,71	127,86	109,14
Лизин	49,46	145,27	161,10
Метионин+Цистин	105,14	121,43	108,00
Фенилаланин+Тирозин	139,33	154,50	130,83
Треонин	91,25	113,25	116,00
Триптофан	119,0	134,00	85,00
Валин	120,4	139,60	118,40

Таблица 8

Показатели биологической ценности основных компонентов рецептуры печеночного паштета

Наименование показателя	Величина показателя		
	Жом грецкого ореха	Печень куриная	Свинина жирная
Суммарное содержание НАК, г/100 г белка	36,99	48,44	44,61
ИНАК, %	102,57	132,67	117,62
КРАС, %	47,08	19,99	34,42
БЦ, %	52,92	80,01	65,59
U, дол. ед.	0,48	0,84	0,69

свинины жирной полноценны по аминокислотному составу, имеют высокие показатели аминокислотного сора и достаточно высокую степень сбалансированности аминокислотного состава – 0,69. Белки орехового жома имеют в своем составе все незаменимые аминокислоты. Суммарное содержание НАК в жоме сопоставимо с таковым для куриной печени и свинины жирной, но биологическая ценность белкового состава ниже – 52-53%. Это связано с большим различием в величинах аминокислотных скоров и наличием двух аминокислот, скор которых меньше 100% (лизин и треонин). Лимитирующей аминокислотой является лизин, что характерно для растительного сырья. Причем содержание лизина намного меньше, чем в куриной печени и свинине жирной. Такой аминокислотный состав предопределяет и невысокую степень сбалансированности аминокислотного состава жома – 0,48.

Известно, что основным источником лизина являются мясо, рыба и творожные продукты. Это подтверждается и в нашем исследовании: из всех аминокислот в составе белков куриной печени и свинины жирной самое высокое значение аминокислотного сора имеет лизин. При добавлении жома грецкого ореха в рецептуру печеночного паштета можно ожидать понижения содержания

лизина, но в тоже время повышения содержания триптофана.

Для разработки рецептуры нового продукта паштетной группы, сбалансированного по аминокислотному составу и обогащенного полиненасыщенными жирными кислотами проведены эксперименты по выработке образцов паштетов с заменой части мясного сырья на жом грецкого ореха в количестве 5, 10, 15 и 20 мас. % (табл.9). Контролем служил образец паштета, выработанный по рецептуре № 130¹³. Выработка осуществлялась по общепринятой технологии¹⁴.

Исследование химического состава исследуемых паштетов (табл.10) показало, что при замене мясного сырья на ореховый жом наблюдается уменьшение количества влаги в готовых продуктах, что снижает вероятность микробической порчи и положительно влияет на срок хранения продукта. Кроме того, с увеличением массовой доли жома увеличивается содержание белка в паштете. Так в образце № 4 (табл.10), где обогащение жомом составляло 20%, наблюдалось увеличение содержания белка в 1,4-1,5 раза по сравнению с контролем.

Проведен расчет биологической ценности аминокислотного состава контрольного и опытных

¹³ Голунова, Л.Е. (2003). Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания.– Санкт-Петербург, ПрофиКС, с.52.

¹⁴ Рогов, И. А. (2009). Технология мяса и мясопродуктов. Книга 1. Общая технология мяса. – Москва, КолосС, 565 с.

Таблица 9
Рецептуры образцов мясных паштетов с добавлением жом грецкого ореха

Ингредиенты	Контроль		Образец №1 (5% жом), г	Образец №2 (10% жом), г	Образец №3 (15% жом), г	Образец №4 (20% жом), г
	%	г				
Печень куриная	60	300	275	250	225	200
Масло сливочное	10	50	50	50	50	50
Жом грецкого ореха	-	-	25	50	75	100
Свинина жирная	15	75	75	75	75	75
Лук	5	25	25	25	25	25
Морковь	5	25	25	25	25	25
Бульон	5	25	25	25	25	25

образцов печеночного паштета (табл. 11). Сравнительный анализ показал, что биологическая ценность паштета, содержащего 20% жом грецкого ореха, выше на 1,73%, ИНАК выше на 13,69%, чем в контрольном образце, а значение КРАС ниже на 1,74%, что подтверждается значением биологиче-

ской ценности. На основании полученных данных можно говорить и о повышении степени сбалансированности аминокислотного состава НАК по отношению к физиологически необходимой норме в продукте, в состав которого кроме печени и свинины жирной, входит жом грецкого ореха.

Таблица 10
Химический состав образцов печеночного паштета, г/100 г продукта

Показатели	Контроль	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Влага	61,3±0,3	55,26 ±0,25	52,24 ±0,1	49,22 ±0,45
Белок	11,4±0,8	14,04 ±0,75	15,36±0,5	16,68±0,7
Жир	24,3±0,9	25,52 ±0,75	26,13±0,73	26,74±0,68
Углеводы	1,2±0,2	2,94	3,81	4,68
Зола	1,9±0,1	2,06 ±0,04	2,14±1,1	2,22±0,9
Пищевые волокна	0,5	1,16	1,49	1,82

Таблица 11
Содержание аминокислот в суммарном белке и биологическая ценность образцов паштета, г/100 г белка

Наименование аминокислоты	Контроль	Образец №4 (20% жом)
	Аминокислотный скор	
Изолейцин	103,50	122,75
Лейцин	101,85	112,00
Лизин	116,55	105,27
Метионин+Цистин	108,00	121,71
Фенилаланин+Тирозин	123,50	136,00
Треонин	90,80	123,00
Триптофан	107,00	122,00
Валин	111,60	129,00
Показатели биологической ценности		
Суммарное содержание НАК, г/100 г белка	39,16	43,57
ИНАК, %	107,45	121,14
КРАС, %	16,68	14,94
БЦ, %	83,32	85,05
U, дол. ед.	0,84	0,87

Расчетным путем (Андреева, 2011; Елисеева, 2015; Жмурина, 2014; Чиркова, 2008) проведено сравнение количества насыщенных (НЖК), мононенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных (ПНЖК) жирных кислот в контрольном и опытном образцах. Оценка жирнокислотной сбалансированности опытного образца по сравнению с контрольным показала, что замена мясного сырья на 20% жома грецкого ореха снизила количество НЖК на 30%, а количество ПНЖК и МНЖК увеличилось, соответственно на 12,8% и 16,5%. Это согласуется с рекомендациями ФАО/ВОЗ о необходимости увеличения доли растительных жиров в питании

для создания продуктов, приближенных к требованиям стандарта ФСП. Благодаря введению жома в состав рецептуры паштета увеличилось количество жирорастворимых витаминов в готовом продукте (см. табл. 3).

Для органолептической оценки была применена методика ГОСТ 9959-2015¹⁵. Органолептические показатели готовых продуктов оценивались по пятибалльной шкале дегустационной комиссией кафедры «Технологии мяса и мясopодуKтов» МГУПП в состав, которой входило 10 человек. Полученные результаты представлены на рис. 2.

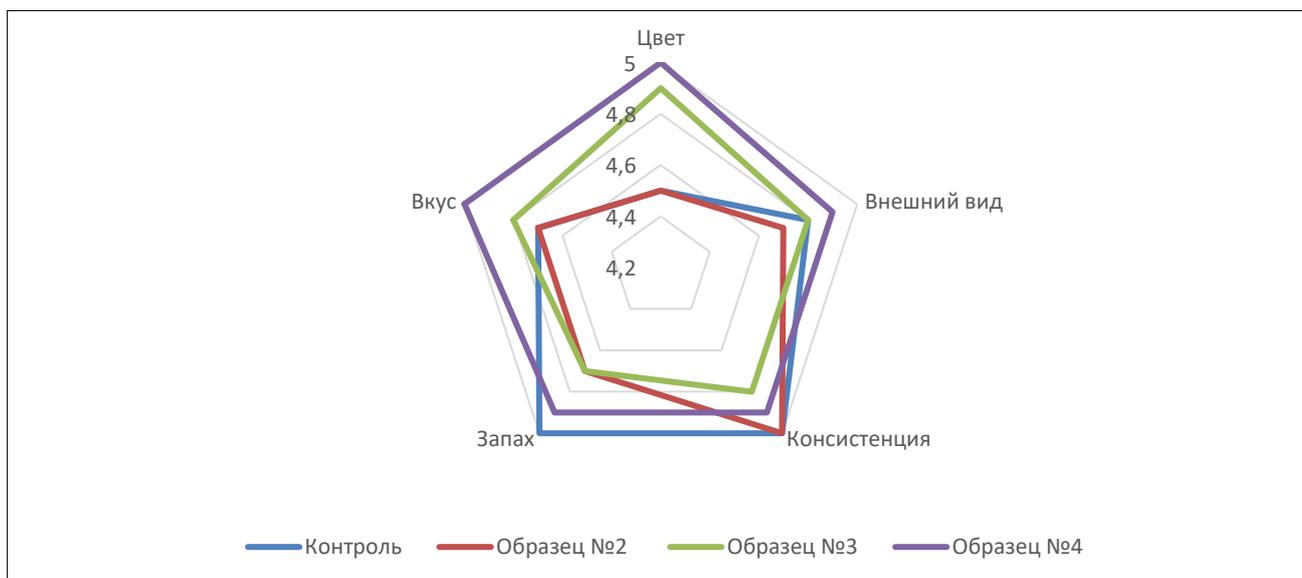


Рисунок 2. Гистограмма органолептической оценки образцов готовых продуктов

На основании проведенной дегустации выявлено, что самым лучшим сумме баллов органолептической оценки является образец № 4, содержащий 20% жома грецкого ореха. Дегустаторами было отмечено, что у данного образца более нежный, чем у других, ореховый вкус и приятный запах, однородная консистенция с включениями ореховых частиц жмыха, не вызывающих неприятные ощущения. Контрольный образец имел классический вкус и аромат печеночного паштета, желто-коричневый цвет, однородную, мягкую, мажущуюся консистенцию.

Помимо биологической ценности по липидному и белковому составу, органолептических характеристик важным технологическим показателем является выход готового продукта. По результатам контрольной и опытной выработки было

установлено, что контрольный образец паштета имел выход готового продукта 70,5%, в то время как опытный образец №4, содержащий в своем составе 20% жома грецкого ореха – 75,3%. Таким образом, выход готового продукта был увеличен на 4,8%, по сравнению с контрольным образцом.

Выводы

Научные подходы, основанные на использовании вторичных продуктов переработки орехов, в частности орехового жома, для повышения биологической ценности мясных продуктов, позволили создать новый продукт функциональной направленности – паштет комбинированного состава на основе куриной печени. Предложена рецептура паштета с добавкой 20 мас.% жома грецкого оре-

¹⁵ ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – Введ. 1993-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 46 с.

ха как пример продукта, обогащенного белком и ненасыщенными жирными кислотами, имеющего высокую биологическую ценность и высокую степень сбалансированности аминокислотного состава по отношению к физиологически необходимой норме. В продукте, изготовленном по предложенной рецептуре, количество насыщенных жирных кислот было снижено на 30%, а количество полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот увеличено на 12,8% и 16,5% соответственно по сравнению с контрольным образцом. При замене мясного сырья на 20% жома грецкого ореха наблюдалось улучшение органолептических свойств паштета и увеличение выхода готового продукта на 4,8%. Научные разработки, представленные в настоящей статье, соответствуют эталонам, разработанным Комитетом ФАО/ВОЗ.

Литература

- Андреева, С. В. (2011). *Разработка технологии паштетов для функционального питания людей, предрасположенных сердечно-сосудистым заболеваниям* [Кандидатская диссертация, ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»]. Москва, Российская Федерация.
- Ганенко, И. (2018). Доля России в мировом сборе орехов. *Агроинвестор*, 7.
- Балябина, С. И., Храмова, В. Н., & Мгебришвили, И. В. (2016). Анализ эффективности добавления растительных ингредиентов в мясной продукт. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*, 2(42), 275-281.
- Гончаров, Д. А. (2008). *Использование кедрового жмыха в производстве мясных, кондитерских изделий и исследование их потребительских свойств* [Кандидатская диссертация, КГАУ]. Кемерово, Российская Федерация.
- Елисеева, Л. Г., Юрьева, О. В., Луценко, Л. М. (2015). Эффективность использования природных антиоксидантов для увеличения срока хранения ореховых снеков. *Пищевая промышленность*, 12, 30-34.
- Жмурина, Н. Д. (2014). *Разработка технологии йодированной белковожировой композиции и ее использование при производстве печеночного паштета* [Кандидатская диссертация, ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»]. Москва, Российская Федерация.
- Зотова, Л. В., Касьянов, Г. И., & Ольховатов, Е. А. (2017). Инновационные технологические приемы в производстве воздушных крипсов. *Научный журнал КубГАУ*, 128(4), 11.
- Ипатова, Л. Г., Кочеткова, А. А., Нечаев А. П., Тутельян, В. А. (2009). *Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд*. ДеЛи принт.
- Кароматов, И. Д., & Абдувохидов, А. Т. (2017). Лещина, орешник, лесной орех. *Биология и интегративная медицина*, 2, 187-193.
- Кароматов, И. Д., & Саломонова, М. Ф. (2017). Медицинское значение фисташек. *Биология и интегративная медицина*, 7, 109-117.
- Крутихин, А. Д., & Сусянок, Г. М. (2017). О пользе масла грецкого ореха. В *Общезащитная студенческая конференция студентов и молодых ученых «День науки»*, 6 (с. 144-149).
- Мирзоев, Г. Х. (2015). Разработка технологии получения растительного масла и высокопротеинового жмыха из семян дыни [Кандидатская диссертация, ФГБОУ ВПО «КубГТУ»]. Краснодар, Российская Федерация.
- Орлова, О. Ю. (2012). Современные аспекты использования плодов грецкого ореха в технологии пищевых продуктов функционального назначения. В И. Н. Панкова (Ред.), *Современные аспекты использования возобновляемых природных ресурсов в технологии пищевых продуктов функционального и специализированного назначения*.
- Скрипин, П. В., Крючкова, В. В., & Лодянов, В. В. (2012). Качественные показатели творожной массы, обогащенной грецким орехом, ягодами шелковицы и шротом расторопши. *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*, 3(1-1), 177-178.
- Федосова, Е. С., & Безусов, А. (2004). Набухание и размягчение ядер водяного ореха в процессе замачивания. *Пищевая технология*, 2-3, 63-66.
- Чиркова, О. И. (2008). *Разработка технологии мясорастительных паштетов для функционального питания* [Кандидатская диссертация, ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова»]. Москва, Российская Федерация.
- Ding, Y., Lin, H., Lin, W., Yang, Y., Yu, Y., Chen, J.W., & Chen, Y. C. (2018). Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>
- Elsharawy, N. T., Ahmad, A. M., & Abdelrahman, H. A. (2018). Quality Assessment of Nutritional Value and Safety of Different Meat. *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2476-2059.1000132>
- Elmaliklis, I. N., Liveri, A., Ntelis, B., Paraskeva, K., Goulis, I., & Koutelidakis, A. E. (2019). Increased Functional Foods' Consumption and Mediterranean

- Diet Adherence May Have a Protective Effect in the Appearance of Gastrointestinal Diseases: A Case-Control Study. *Medicines*, 6(50), 1-13. <https://doi.org/10.3390/medicines6020050>
- Cofrades, S. (2008). Characteristics of meat batters with added native and preheated defatted walnut. *Food Chemistry*, 4, 1506-1514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.006>
- De Souza, R. G. M., Schincaglia, R. M., Pimentel, G. D., & Mota, J. F. (2017). Nuts and Human Health Outcomes: A Systematic Review. *Nutrients*, 9(12), 1311. <https://doi.org/10.3390/nu9121311>
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361, 1-8. <http://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- Jacobs, D. R. Jr., Gross, M. D., & Tapsell, L. C. (2009). Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Public Health Reviews*, 89, 1543-1548. <http://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736b>
- Jiménez Colmenero, F. (2003). Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Science*, 4, 1391-1397. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00061-5)
- Kicińska, A., Glichowska, P., & Mamak, M. (2019). Micro- and macroelement contents in the liver of farm and wild animals and the health risks involved in liver consumption. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 132. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7274-x>
- Li, T. Y., Brennan, A. M., Wedick, N. M., Mantzoros, C., Rifai, N., & Hu, F. B. (2009). Regular consumption of nuts is associated with a lower risk of cardiovascular disease in women with type 2 diabetes. *Effects of Specific Nuts and Seeds*, 139, 1333-1338. <https://doi.org/10.3945/jn.108.103622>
- McNeill, S. H., & Belk, K. E. (2017). Coming to terms: meat's role in a healthful diet. *Animal Frontiers*, 7, 34-42. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0441>
- Mireles-Arriaga, A. I., Ruiz-Nieto, J. E., & Juárez-Abraham, M. R. (2017). Functional restructured meat: applications of ingredients derived from plants. Reestructurados cárnicos funcionales: aplicación de ingredientes derivados de plantas. *Vitae*, 24(3), 196-204.
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov A, G., Horbańczuk, J., & Wierzbicka, A. (2018). Bioactive Compounds in Functional Meat Products. *Molecules*, 23(307), 1-19. <https://doi.org/10.3390/molecules23020307>
- Zec, M., Glibetic, M. (2018). Health benefits of nut consumption. *Reference Module in Food Science*. Elsevier, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22511-0>

Creation of Meat Products with Increased Biological Value using Chicken Liver and Nut Pulp

Tatiana N. Danilchuk

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: danil_tn@mail.ru*

Yuliya G. Efremova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: juliarem11@gmail.com*

Irina A. Barkovskaya

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: barkovskaya.irina2019@yandex.ru*

Currently, the development of healthy nutrition products balanced by vital ingredients is relevant. In particular, for meat products the problem of the biological value of the lipid composition and the minimization of the amount of saturated and trans fats has not yet been solved. In connection with the increasing demand of the population for lactose-free food products, the production of nut milk is increasing and there is a problem of using secondary products of this production - nut pulp. The solution to these problems can be found in the creation of a meat product containing nut pulp additives. The article substantiates the choice of chicken liver as a raw material for creating new meat products. The results of a study of the chemical composition of walnut pulp as a by-product of the processing of walnut into nut milk are presented and the biological value of pulp for using it as an additive in meat products is scientifically substantiated. A comparative characteristic of the physicochemical, functional-technological and organoleptic properties of chicken liver-based pastes with the addition of various amounts of nut pulp is given. The control was a paste sample, the recipe of which includes chicken liver, fat pork, butter, onions and carrots. Experiments have shown that the best results for all indicators has a sample containing 20% of walnut pulp. In this sample, the amount of saturated fatty acids was reduced by 30%, and the number of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids was increased by 12.8% and 16.5%, respectively, compared with the control sample. When replacing meat raw materials with 20% walnut beet pulp, an improvement in the organoleptic properties of the paste and an increase in the yield of the finished product by 4.8% were observed in comparison with the control sample. A chicken liver paste with walnut pulp additives is proposed as an example of a product enriched with protein and unsaturated fatty acids. Practical recommendations are given on the technology for the production of paste of high biological value based on chicken liver.

Keywords: walnut pulp, chicken liver, the biological value of food, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids

References

- Andreeva, S. V. (2011). *Razrabotka tekhnologii pashtetov dlya funktsional'nogo pitaniya lyudej, predraspolozhennyh serdechno-sosudistym zabolevaniyam* [Development of pate technology for functional nutrition of people predisposed to cardiovascular diseases] [The dissertation of the candidate of technical sciences, FGBNU "VNIIMP im. V.M. Gorbatoev"]. Moscow, Russian Federation.
- Ganenko, I. (2018). *Dolya Rossii v mirovom sbore orekhov* [Russia's share in the world collection of nuts]. Agroiinvestor, 7.
- Balyabina, S. I., Khramova, V. N., & Mgebrishvili, I. V. (2016). Analysis of the effectiveness of adding plant ingredients to a meat product. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*. [Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher education], 2(42), 275-281.
- Goncharov, D. A. (2008). *Ispol'zovanie kedrovogo*

How to Cite

Danilchuk, T. N., Efremova, Y. G., & Barkovskaya, I. A. (2019). Creation of Meat Products with Increased Biological Value using Chicken Liver and Nut Pulp. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s256>

- zhmyha v proizvodstve myasnyh, konditerskikh izdelij i issledovanie ih potrebitel'skikh svoystv [The use of cedar cake in the production of meat and confectionery products and the study of their consumer properties] [Candidate dissertation, KGAU]. Kemerovo, Russian Federation.
- Eliseeva, L. G., Yurieva, O. V., & Lutsenko, L. M. (2015). The effectiveness of using natural antioxidants to increase the shelf life of nut snacks. *Pischevaya promyshlennost* [Food industry], 12, 30-34.
- Zhmurina, N. D. (2014). *Razrabotka tekhnologii jodirovannoj belkovozhirovoy kompozicii i ee ispol'zovanie pri proizvodstve pechenochnogo pashteta* [Development of technology for iodized protein and fat composition and its use in the production of liver pate] [Candidate dissertation, FGBNU "VNIIMP im. V.M. Gorbatov"]. Moscow, Russian Federation.
- Zotova, L. V., Kasyanov, G. I., & Olkhatov, E. A. (2017). Innovative technological techniques in the production of air krips. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. [Kubgau scientific journal], 128(4), 11.
- Ipatova, L. G., Kochetkova, A. A., Nechaev, A. P., & Tutelyan, V. A. (2009). *Zhirovye produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzglyad*. [Fat products for a healthy diet. Modern view]. DeLi print.
- Karomatov, I. D., & Abduvohidov, A. T. (2017). Hazel, hazel, hazelnut. *Biologiya i integrativnaya meditsina* [Biology and integrative medicine], 2, 187-193.
- Karomatov, I. D., & Salomonova, M. F. (2017). Medical significance of pistachios. *Biologiya i integrativnaya meditsina* [Biology and integrative medicine], 7, 109-117.
- Krutikhin, A. D., & Suslyanok, G. M. (2017). About the benefits of walnut oil. In *Obscheuniversitetskoy studencheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Den nauki»* [University conference of Students and Young Scientists "Day of Science"] (p. 144-149).
- Mirzoev, G. H. (2015). *Razrabotka tekhnologii polucheniya rastitel'nogo masla i vysokoproteinovogo zhmyha iz semyan dyni* [Development of technology for obtaining vegetable oil and high-protein hops from melon seeds] [Candidate dissertation, KubGTU]. Krasnodar, Russian Federation.
- Orlova, O. Yu. (2012). Modern aspects of the use of walnut fruits in the technology of functional food products. In I. N. Pankova (Ed.), *Sovremennye aspekty ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh prirodnykh resursov v tekhnologii pishchevykh produktov funktsional'nogo i specializirovannogo naznacheniya* [Modern aspects of the use of renewable natural resources in the technology of functional and specialized food products].
- Skripin, P. V., Kryuchkova, V. V., & Lodyanov, V. V. (2012). Quality indicators of curd mass enriched with walnuts, mulberry berries and milk Thistle meal. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva*. [Collection of scientific papers of the all-Russian research Institute of sheep and goat breeding], 3(1-1), 177-178.
- Fedosova, E. S., Bezusov, A. T. (2004). Swelling and softening of the kernels of water chestnut in the process of soaking. *Pischevaya tekhnologiya* [Food technology], 2-3, 63-66.
- Chirkova, O. I. (2008). *Razrabotka tekhnologii myasorastitel'nykh pashtetov dlya funktsional'nogo pitaniya* [Development of technology of meat-growing pates for functional nutrition]. [Candidate dissertation, FGBNU "VNIIMP im. V.M. Gorbatov"]. Moscow, Russian Federation.
- Ding, Y., Lin, H., Lin, W., Yang, Y., Yu, Y., Chen, J.W., & Chen, Y. C. (2018). Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>
- Elsharawy, N. T., Ahmad, A. M., & Abdelrahman, H. A. (2018). Quality Assessment of Nutritional Value and Safety of Different Meat. *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene*, 3(1), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2476-2059.1000132>
- Elmaliklis, I. N., Liveri, A., Ntelis, B., Paraskeva, K., Goulis, I., & Koutelidakis, A. E. (2019). Increased Functional Foods' Consumption and Mediterranean Diet Adherence May Have a Protective Effect in the Appearance of Gastrointestinal Diseases: A Case-Control Study. *Medicines*, 6(50), 1-13. <https://doi.org/10.3390/medicines6020050>
- Cofrades, S. (2008). Characteristics of meat batters with added native and preheated defatted walnut. *Food Chemistry*, 4, 1506-1514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.006>
- De Souza, R. G. M., Schincaglia, R. M., Pimentel, G. D., & Mota, J. F. (2017). Nuts and Human Health Outcomes: A Systematic Review. *Nutrients*, 9(12), 1311. <https://doi.org/10.3390/nu9121311>
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361, 1-8. <http://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- Jacobs, D. R. Jr., Gross, M. D., & Tapsell, L. C. (2009). Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Public Health Reviews*, 89, 1543-1548. <http://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736b>
- Jiménez Colmenero, F. (2003). Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Science*, 4, 1391-1397.

- [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00061-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00061-5)
Kicińska, A., Glichowska, P., & Mamak, M. (2019). Micro- and macroelement contents in the liver of farm and wild animals and the health risks involved in liver consumption. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 132. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7274-x>
- Li, T. Y., Brennan, A. M., Wedick, N. M., Mantzoros, C., Rifai, N., & Hu, F. B. (2009). Regular consumption of nuts is associated with a lower risk of cardiovascular disease in women with type 2 diabetes. *Effects of Specific Nuts and Seeds*, 139, 1333-1338. <https://doi.org/10.3945/jn.108.103622>
- McNeill, S. H., & Belk, K. E. (2017). Coming to terms: meat's role in a healthful diet. *Animal Frontiers*, 7, 34-42. <https://doi.org/10.2527/af.2017.0441>
- Mireles-Arriaga, A. I., Ruiz-Nieto, J. E., & Juárez-Abraham, M. R. (2017). Functional restructured meat: applications of ingredients derived from plants. *Reestructurados cárnicos funcionales: aplicación de ingredientes derivados de plantas. Vitae*, 24(3), 196-204.
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov A, G., Horbańczuk, J., & Wierzbicka, A. (2018). Bioactive Compounds in Functional Meat Products. *Molecules*, 23(307), 1-19. <https://doi.org/10.3390/molecules23020307>
- Zec, M., Glibetic, M. (2018). Health benefits of nut consumption. *Reference Module in Food Science*. Elsevier, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22511-0>

Определение содержания различных наночастиц в питьевой воде и жидких пищевых продуктах

Корнилов Кирилл Николаевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: kirillkorn1982@gmail.com

Роева Наталья Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: roeva@mgupp.ru

Присутствие микроскопических частиц пластика в пищевых продуктах является актуальнейшей проблемой современной пищевой промышленности и одним из главных вопросов пищевой безопасности. Связано это с тем, что микроскопические частицы пластика к настоящему времени обнаружены практически во всех объектах окружающей среды, но их влияние на организм не до конца изучено. При этом не существует ни чётких методик по определению таких частиц, ни способов очистки от них пищевых продуктов. В представленной работе методом Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛСР) было определено наличие наночастиц разного химического состава в питьевой воде и некоторых напитках. Измерен размер найденных микро и нано объектов, их распределение по фракциям. С этой целью использован Лазерный анализатор наночастиц «Zetatrac» (США). Определена также средняя молекулярная масса обнаруженных частиц, их средняя удельная площадь поверхности и дзета потенциал. В некоторых образцах его величина находится в области менее 1мВ, что свидетельствует о склонности микрообъектов к коагуляции, а других – более 10 мВ, т.е. здесь суспензии вполне стабильны. На основании инструментально определённых характеристик сделано предположение о том, что нано и микро частицы в питьевой воде и нано частицы в питьевых напитках по химическому составу близки к полимерам – полипропилены и полиэтилтетефталату. В некоторых образцах питьевой воды обнаружены наночастицы, идентичные по характеристикам как пластику, так и ржавчине. Определено так же содержание нано и микро объектов в исследованных образцах жидкостей. Оно составляет от 0.8 до $5 \cdot 10^{-3}$ %.

Ключевые слова: Динамическое Лазерное Светорассеивание, питьевая вода, напитки, наночастицы, молекулярная масса, дзета потенциал, пластик, ржавчина

Введение

В настоящее время вопросы химической безопасности пищевых продуктов встают на первое место в пищевой промышленности. Ни для кого не секрет, что окружающая среда за три последних десятилетия была загрязнена медленно разлагающимися объектами из полимерных материалов (пластика). Огромное количество изделий из полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата и других пластиков выбрасывается людьми каждый день. Указанные полимеры широко используются не только для создания упаковки и тары для пищевых продуктов, но из них также изготавливают одноразовую посуду, пакеты, игрушки, соломенные трубки и другие бытовые изделия. Будучи выброшенными после использования, они медленно разлагаются в

окружающей среде, образуя микроскопические частицы, которые могут попадать в воду, почву, живые организмы, а значит – и в пищевые продукты.

В связи с тем, что вопрос о переработке пластика до сих пор не решён, а разлагающиеся пластиковые объекты находятся повсюду вокруг, крайне актуальным является изучение вопроса о наличии микроскопических частиц пластмасс в пищевых продуктах, об их размерах и количестве.

Таким образом, целью нашей работы было: определить содержание различных посторонних наночастиц в питьевой воде и напитках, установить размер таких частиц, их плотность, удельную поверхность и дзета потенциал. Наряду с содержанием пластика нами было выявлено также и наличие микроскопических частиц ржавчины в образцах воды.

Как цитировать

Корнилов, К., & Роева, Н. Н. (2019). Определение содержания наночастиц пластика в питьевой воде и жидких пищевых продуктах. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s242>

Литературный обзор

Всем нам часто приходится слышать о том, что окружающая среда загрязнена пластмассовыми отходами и что микрочастицы пластика размером до 5 мм можно найти и в океаническом планктоне, и в насекомых (Al-Jaibachi, Cuthbert, & Callaghan, 2018), и в рыбах (Sighicelli et al, 2018), и в птицах (Wagner & Lambert, 2018). И хотя все мы знаем про пищевые цепочки, трудно поверить в то, что всё это напрямую касается нас, что пластик доходит до нашего стола (Mason, Welch, & Neratko, 2018).

Исследователи из Венского медицинского университета нашли тому чёткое доказательство. Они проверили на предмет пластика биологические жидкости у восьми человек из восьми стран: Финляндии, Италии, Японии, России, Польши, Нидерландов, Великобритании и Австрии – и у всех нашли крохотные пластмассовые частицы, количество которых в среднем составляло 20 частиц на 10 грамм пробы. По химическому составу наиболее часто встречающимися оказались частицы из полипропилена и полиэтилентерефталата, из которых делают очень много всего, включая пластиковые бутылки. Свои результаты авторы работы доложили на конференции Европейского общества гастроэнтерологов (Schwabl et al, 2018).

Ни один из участников исследования не придерживался какой-то особой диеты, однако некоторые ели рыбу за неделю до того, как у них взяли жидкость на анализ, и все ели какую-то еду, которая была завернута в пластмассовую упаковку и пила из пластиковых бутылок. Как именно пластик попал в их организм, неясно, может быть, через пищевую цепочку, может быть, прямо от повреждённой тары – но, так или иначе, попал. С одной стороны, речь идёт всего о восьми людях, и хорошо бы всё то же самое повторить с большим числом добровольцев. Но, с другой стороны, пластик нашли у всех, несмотря на очень широкую географию – то есть можно предположить, что на Земле уже нет или почти нет мест, где человек не ел бы собственный пластик.

Переходят ли пластиковые частицы из кишечника в другие органы и как они сказываются на нашем здоровье, пока не очень понятно, хотя можно предположить, что исследований на ту тему в скором времени появится более чем достаточно.

Хотелось бы, чтобы подобные исследования заставят человечество быть умереннее в использовании

пластмасс, производство которых, пока только растёт и достигло уже 300 мегатонн в год (Ericson et al, 2014).

Один из наиболее интересных русскоязычных анализов современного состояния исследований проблемы загрязнения микропластиком окружающей среды представлен в работе по изучению водных объектов в Европе, Центральной Азии и Сибири (Казмирук, В.Д. & Казмирук, Т.Н., 2018).

Теоретическое обоснование

Микропластиком (Micro Plastic, MP) обычно называют частицы размером менее 5 мкм (Imhof, Ivleva, Schmid, Niessner, & Laforsch, 2013). Самым информативным и быстрым способом изучения размера таких микрочастиц в растворах к настоящему времени является метод Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛС или *Dynamic Light Scattering* – DLS), позволяющий оптически измерять размер частиц (их гидродинамический радиус), находящихся в состоянии броуновского движения (Schmitz, 1990). В этом методе лазерный луч проходит через раствор и рассеивается движущимися частицами (Pike & Abbiss, 1997). После определения характера рассеивания лазерного луча можно определить и размер частиц¹.

Именно поэтому метод ЛДСР был использован в данном исследовании как самый удобный и информативный для достижения поставленных нами целей.

Кроме того, ранее нами именно этим методом уже были успешно изучены наночастицы, входящие в состав алкогольных напитков (Юсубов, 2019) и даже в состав косметических кремов (Соринская & Корнилов, 2019).

Кроме того, одним из ключевых параметров, характеризующих коллоидную систему, является дзета потенциал частиц, который также определялся нами в ходе работы. Прямая зависимость коагуляционной устойчивости суспензий и эмульсий от его величины делает этот параметр незаменимым при экспериментальной экспресс оценке характеристик стабильности дисперсных водных растворов, включая растворы наночастиц (Dukhin & Goetz, 2017).

Исследование

¹ Freud, P.J. (2011). *Nanoparticle sizing: dynamic light scattering analysis in the frequency spectrum mode. application note. Provided by: Microtrac Inc. Particle Size Measuring Instrumentation*, p. 1-7. Retrieved from: http://www.betatekinc.com/papers/microtrac_nanoparticle_sizing_dynamic_light_scattering_analysis_in_the_frequency_spectrum_mode.pdf

В качестве объектов исследования нами были выбраны образцы воды, которые легко доступны для всеобщего употребления:

1. водопроводная вода из-под крана в лаборатории,
2. вода из домашнего фильтра,
3. вода Аква минерале, негазированная (Рисунок 1):

Перед исследованием в анализаторе наночастиц нами был измерен рН воды при помощи рН-метра Sartorius. Выяснилось, что данный показатель в норме у всех трёх образцов: образец 1 – 7,0, образец 2 – 6,7, образец 3 – 7,03. Так же были определены плотность и показатели преломления для всех образцов. Все они совпали с табличными значениями для воды: $\rho = 0,998 \text{ г/см}^3$, $n = 1,3330$.

В качестве других объектов исследования нами были выбраны коммерчески распространённые газированные напитки Coca Cola, Pepsi и Sprite.

Перед исследованием в анализаторе наночастиц нами были получены все доступные физико-химические параметры жидкостей, характеризующие их химический состав (Таблица 1).

Плотность определялась при помощи ареометра. Показатель преломления – при помощи рефрактометра ИРФ-456. рН – при помощи рН-метра Sartorius.

Все результаты определения наночастиц методом ЛДСР получены и обработаны при помощи программного обеспечения «Microtrac Flex» для анализаторов размеров частиц «Zetatrac». На каждом исследуемом образце проводилось по три измерения, которые затем обрабатывались программой, управляющей анализатором Microtrac FLEX.

Используемый нами прибор позволяет избавиться от влияния фоновых частиц любых размеров, которые потенциально могут находиться в водопроводной воде, путём исключения их влияния на итоговое светорассеивание функцией «Set Zero» - установкой на ноль фоновых значений. То есть

перед проведением изучения водных объектов определялось наличие каких-либо частиц в чистом растворителе – дистиллированной воде. После чего данные по растворителю вычитались из данных исследуемых проб..

Рабочее время, в течение которого прибором происходил сбор данных (Run Time), составлял 30 секунд. Количество измерения проб (Number of Runs) для достижения достоверного результата равнялось трём.

Средняя молекулярная масса частиц измерялась методом Дебая, основываясь на данных о гидродинамическом радиусе частиц, полученных тем же методом светорассеяния².

Необходимо отметить, что представленным методом определяются только размеры частиц сферической формы.

Результаты и их обсуждение

Из анализа значений рН, плотности и показателя преломления можно сделать вывод о том, что ни в каком из образцов воды нет каких-либо химических примесей, которые могут быть обнаружены этими простейшими методами.

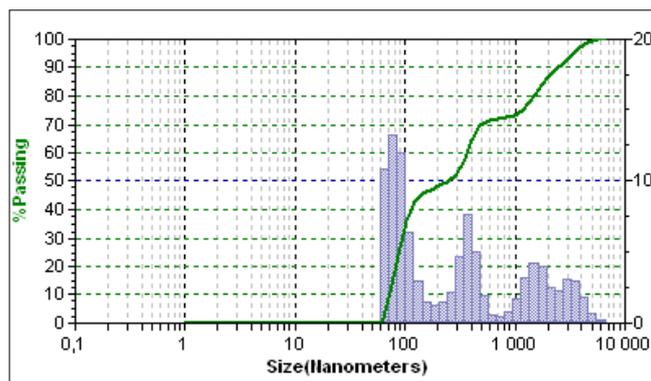
Поэтому самой главной частью работы являлся ответ на вопрос: если ли в воде какие-либо взвешенные (т.е. свободно плавающие нано – или микро объекты), каковы размеры и распределение их по фракциям.

В настройках прибора перед обнаружением пластика был указан показатель преломления дисперсионной среды (воды) $n=1,3330$. Показателем преломления пластика был указан $n=1,5$ – в соответствии руководством по эксплуатации прибора (Freud, 2011). В частности, показатель преломления полиэтилентерефталата указан равным 1.575, полиэтилена – 1.510, а полипропилена – 1.500. Лазерный анализатор был настроен на обнаружение шарообразных объектов.

Таблица 1
Физико-химические характеристики исследуемых безалкогольных напитков

Название	Плотность, ρ , г/мл	Показатель преломления, n	рН	Содержание сахара (на этикетке)
Coca Cola	1,040	1,3466 (9,2% сахара)	2,30	10,6 г в 100 мл (10,2%)
Pepsi	1,040	-	2,28	11,2 г в 100 мл (10,8%)
Sprite	1,010	1,3357 (1,8% сахара)	2,61	2 г в 100 мл (2%)

² Plantz, P. E. (2008). *Explanation of data reported by*



(a)

Size (nm)	1944	1635	1375	1156	972	818	687	578	486	409	344	289	243	204,4	171,9	144,5	121,5	102,2	85,90+
% Chan	4,04	4,23	3,2	1,74	0,75	0,51	0,6	1,97	5,05	7,67	4,71	2,22	1,46	1,28	1,52	2,98	6,45	12,04	13,25

(б)

Рисунок 1. Результаты определения размера наночастиц в водопроводной воде: а) гистограмма распределения частиц по размерам, б) таблица распределения наночастиц по размерам

В результате выяснилось следующее:

В образце 1 были обнаружены частицы нано и микро размеров со следующими параметрами (Рисунок 1):

На рис. 1а четко видно присутствие нескольких фракций микроскопических частиц в растворе. Однако только некоторые из них (менее 100 нм) являются настоящими наночастицами. Четыре основные фракции имеют центр при 85, 365, 1562 и 3460 нм.

Средний диаметр частиц d_M , согласно анализу, составляет 248 нм. Это означает, что ровно половина частиц в суспензии меньше этой величины, а ровно половина – больше ее.

Среднечисловой диаметр d_N равен 92 нм.

Наиболее распространенными в суспензии являются частицы с $d_C = 86$ нм (13% от всех частиц).

Средневесовой диаметр d_V равен 2383 нм.

Средняя молярная масса наночастицы, рассчитанная прибором на основе данных ДЛС, $M = 366 \cdot 10^{10}$ г / моль.

По формуле $M = \rho \cdot N_A \cdot (\pi/6) \cdot d^3$ можно найти плотность наночастиц. Важным вопросом является то, какой размер мы должны принять за диаметр в данной формуле.

Лучше всего использовать средневесовой диаметр

d_V , потому что вклад самых крупных частиц в молярную массу максимален. Тогда плотность будет равна: $\rho = 0,86$ г/см³. Это меньше плотности обычного полипропилена (ПП) в 0,95 г/см³, полипропилена (ПЭ) в 0,91-0,96 г/см³ или полиэтилентерефталата (ПЭТ)³ в 1,38 г/см³.

Средняя удельная поверхность наночастиц в этом случае $S = 9$ м²/г.

Лазерный анализатор наночастиц «Zetatrac» позволяет также определять **дзета потенциал** (ζ) и **средний заряд** наночастиц q (Рисунок 2):

– Zeta Potencial –	
Mobility	0,86 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	11,00 mv
Charge	0,205 fC
Polarity	Positive
Conductivity	421 uS/cm

Рисунок 2. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в водопроводной воде

Величина дзета потенциала в 11 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии вполне стабильны и не склонны к дальнейшей коагуляции (Dukhin & Goetz, 2017). Средний заряд наночастицы положительный.

Электропроводность водопроводной воды, измеренная прибором, 421 мкСм/см, что вполне характерно для воды из природных источников.

³ Speight, J. G. Lange's Handbook of Chemistry, Seventeenth Edition (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto, 2017). <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781259586095>

Концентрация всех взвешенных частиц в воде, подсчитанная прибором, равна 0.00057% по объёму. Такое малое количество, естественно, невозможно измерить каким-либо другим способом, кроме выбранного нами.

После определения пластика настройки прибора были изменены на определение ржавчины с $n=2,26$. Каких-либо микроскопических частиц с указанными параметрами прибором обнаружено не было. Возможно, это связано с тем, что за несколько месяцев до этого старые металлические трубы в нашей лаборатории были заменены на новые из полипропилена.

Далее было проведено определение наличия микроскопических частиц в воде из фильтра.

В данном случае какие-либо частицы пластика прибор не обнаруживает. Однако совершенно неожиданно оказалось, что частицы ржавчины, наоборот, присутствуют в воде во взвешенном состоянии (Рисунок 3).

Количество обнаруженных частиц очень маленькое: меньше, чем 0.01% по объёму. И образуют они единственную фракцию с центром в 1,06 нм.

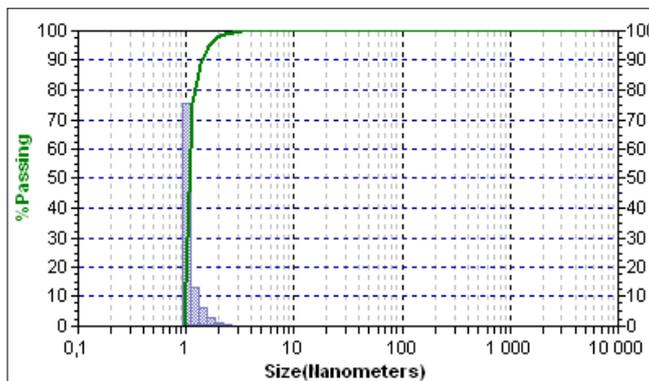
Средняя **молярная масса** наночастицы $M = 376$ г/моль, что соответствует всего 4 слипшимся между собой молекулам состава $FeO(OH)$.

Плотность $\rho = 1$ г/см³. Надо учитывать, что наночастицы скорее всего имеют гидратную оболочку из молекул воды.

Теперь перейдём к анализу электрокинетических свойств найденных микрочастиц (Рисунок 4):

Электропроводность воды в данном случае занижена и равна только 267 мкСм/см. Это может быть связано с тем, что минеральные вещества, растворённые в ней, задерживаются фильтром. Но наночастицы с экстремально маленьким размером, как мы видим, через фильтр проходят. Пусть и в крайне малом количестве.

Теперь перейдём к анализу частиц в питьевой воде



(a)

% Tile	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Size (nm)	0,980	1,000	1,020	1,050	1,060	1,090	1,110	1,160	1,400	1,600

(б)

Рисунок 3. Результаты определения размера наночастиц ржавчины в воде из фильтра: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,73 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	9,30 mv
Charge	0,00008 fC
Polarity	Positive
Conductivity	267 uS/cm

Рисунок 4. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в воде из фильтра

Аква минерале.

В данном образце нами не обнаружено ни каких-либо микроскопических частиц пластика, ни ржавчины. С другой стороны, эта воды сильно деминерализована: её электропроводность $k=102$ мкСм/

см – в 4 раза меньше, чем у водопроводной воды. На этикетке указана общая минерализация данной воды в 50 мг на л.

Итоговые данные исследования наночастиц в питьевой воде можно представить в виде Таблицы:

Таблица 2

Результаты исследования питьевой воды методом ЛДСР

Вода	dM, нм	dN, нм	dC, нм	dV, нм	M, г/моль	ρ , г/см ³	S, м ² /г	ζ , мВ	κ , мкСм/см	C, %
Водопроводная вода	248	92	86 (13%)	2383	366·10 ¹⁰	0,86	9	11	421	0,57·10 ⁻³
Вода из фильтра	1,06	-	-	-	376	1,00	-	9,3	267	0,1·10 ⁻³
Аква минерале негазированная	не обнаружено	-	-	-	-	-	-	-	102	0

После того, как в питьевой воде нами были обнаружены некоторые нано и микро объекты, необходимо исследовать на предмет их содержания и безалкогольные напитки.

Из Таблицы 1 видно, что химический состав напитков в целом совпадает с указанным на этикетке. Поэтому самой главной частью работы является ответ на вопрос – есть ли в жидкости какие-либо наночастицы.

В результате выяснилось следующее:

В Coca Cola был обнаружены наночастицы пластика со следующими характеристиками (Рисунок 5):

Для наглядности распределение частиц по размерам представлено нами в виде процентного содержания всех частиц меньше указанного диаметра. То есть из Рисунка 5б видно, что 10% все частиц в су-

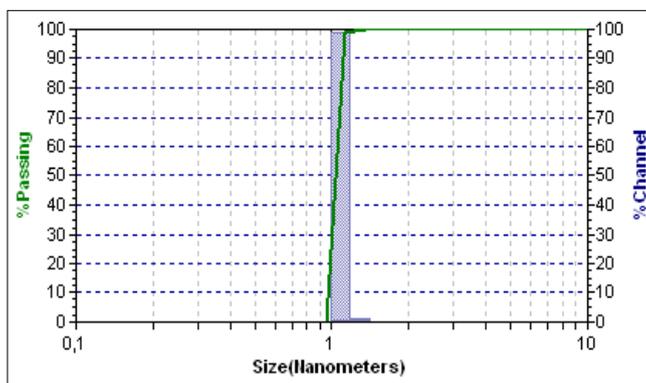
спензии меньше 0,97 нм, а 95% всех обнаруженных частиц меньше 1,12 нм.

Рисунок 5а чётко показывает наличие всего двух фракций наночастиц в растворе: первая фракция (самый мощный столбец: 1,13 нм) – 99% всех частиц и вторая (маленький столбик: 1,34 нм) – 1% частиц.

Если принять, что наночастицы состоят только из плотно упакованных атомов С, и атомный радиус углерода равен 0.077 нм (Wieser et al, 2018), то 99% обнаруженных наночастиц имеют радиус в 3,7 атома С.

Таким образом, объём таких частиц равен 207 атомам С (0,755 нм³). Значит, масса такой частицы равна 413·10⁻²³ г.

По формуле $m = \rho \cdot V$ можно найти **плотность** наночастиц $\rho = 5,47$ г/см³. Это выше, чем плотность



(а)

- Percentiles -	% Tile	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	Size (nm)	0,970	0,990	1,010	1,020	1,040	1,050	1,070	1,080	1,110	1,120

(б)

Рисунок 5. Результаты определения размера наночастиц в Coca Cola: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

обычного полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЭ) или полиэтилентерефталата (ПЭТ). Подсчитанная нами плотность экстремально высокая, поэтому нужно сделать другой вывод о химическом составе наночастиц. Они точно не состоят из плотноупакованных атомов углерода.

Например, наночастицы могут состоять из полимерных звеньев состава CH_2 .

Средняя **молярная масса** наночастицы $M = 348$ г/моль. Это соответствует всего 29 атомам С. **Плотность** наночастиц (при диаметре в 1,13 нм): $\rho = 0.77$ г/см³. Это меньше, чем плотность известных полимеров.

Возможно, в наночастицах атомы находятся не в состоянии плотной упаковки и имеют внутренние полости, заполненные воздухом.

Дзета потенциал (ζ) и средний заряд наночастиц q (Рисунок 6):

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,05 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	0,61 mv
Charge	0,00000 fC
Polarity	Positive
Conductivity	964 uS/cm

Рисунок 6. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в Coca Cola

Величина дзета потенциала в 0.61 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии не стабильны и способны к дальнейшей коагуляции. Однако их стабильность и отсутствие седиментации в пище-

вом продукте может быть связано с высоким значением pH среды и наличием в ней углекислого газа. Протоны кислой среды препятствуют слипанию наночастиц между собой. Средний заряд наночастицы положительный.

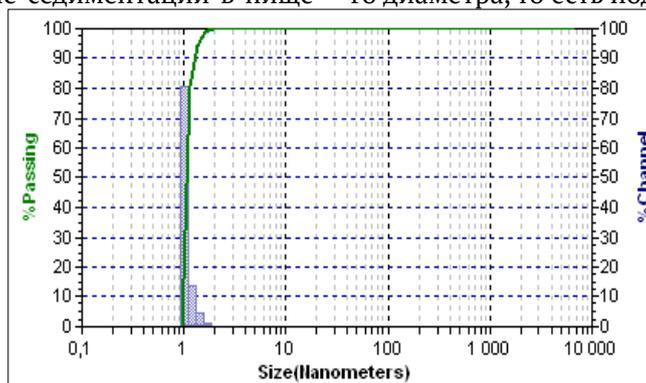
Заметим, что предварительно измеренная электропроводность водопроводной воды составила 436 мкСм/см. При этом электропроводность продукта составила 964 мкСм/см. Вязкость – 0.864 мПа·с.

Далее было проведено определение наличия наночастиц с такими же характеристиками в напитке Pepsi (Рисунок 7):

Из сравнения Рисунок 5 и 7 видно, что в обоих напитках образуются почти одинаковые по размеру наночастицы. Этот результат особенно интересен, если учитывать, что первый рисунок был сделан в октябре 2018, а второй – в январе 2020. То есть присутствие одинаковых наночастиц в похожих напитках обнаружено с разницей в 15 месяцев.

Рисунок 7б чётко показывает наличие пяти фракций наночастиц в растворе. Однако самая распространённая фракция (самый мощный столбец: 1,13 нм) составляет 81%. Это в точности те же самые наночастицы, что обнаружены и в Coca Cola. Вторая по распространённости фракция тоже полностью совпадает с предыдущим измерением: 1,34 нм – 14% всех частиц.

В связи с тем, что в данном случае частицы не так однородны, как в Coca Cola, необходимо записать так же подсчитанную величину их среднечислового диаметра, то есть подсчитанного статистически.



(a)

Size (nm)	15,190	12,770	10,740	9,030	7,600	6,390	5,370	4,520	3,800	3,190	2,690	2,260	1,900	1,600	1,340	1,130	0,950
% Chan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,220	1,120	4,370	13,580	80,710	0,000	

(б)

Рисунок 7. Результаты определения размера наночастиц в Pepsi: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

Он равен 1,18 нм.

Средняя молярная масса наночастицы, $M = 367$ г/моль. Это соответствует всего 30,6 атомам С.

Плотность наночастиц $\rho = 0,86$ г/см³. И они также, судя по всему, имеют внутренние полости с газом.

Эти отличия в характеристиках Pepsi от Coca Cola связаны с тем, что в первом напитке обнаружены наночастицы с диаметром, превышающим 1,6 нм общей долей в 5%.

Теперь перейдём к анализу электрокинетических свойств наночастиц (Рисунок 8).

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,24 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	3,01 mv
Charge	0,00003 fC
Polarity	Positive
Conductivity	879 uS/cm

Рисунок 8. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в Pepsi

Величина дзета потенциала в 3.01 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии в данном случае стабильны и не склонны к дальнейшей коагуляции. Средний заряд наночастицы положительный.

При этом электропроводность продукта составила 879 мкСм/см. Вязкость – 1.044 мПа·с.

Таблица 3

Результаты исследования напитков методом ЛДСР

Название	Диаметр наночастиц, d, нм	Объем наночастиц, в атомах С (нм ³)	Удельная поверхность, S, м ² /г	Электропроводность, κ, мкСм/см	Вязкость, η, мПа·с
Coca Cola	1,13 (99%)	207 (0,755)	8110	964	0,864
Pepsi	1,13 (81%) + 1,34 (14%)	207(0,755) + 345 (1,259)	7181	879	1,044
Sprite	Не обнаружено	-	-	-	-

Таблица 4

Концентрация обнаруженных объектов

Объект	вид частиц	dV, нм	V (нм ³)	ρ, г/см ³	m, g	Концентрация (объёмный процент)	Содержание частиц, г/л	Число частиц в литре
Водопроводная вода	пластик	2383	7,08·10 ⁹	0,86	6,1·10 ⁻¹²	5,7·10 ⁻⁴	4,9·10 ⁻³	8·10 ⁸
Вода из фильтра	ржавчина	1,06	0,623	1,00	6,2·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	1·10 ⁻³	16·10 ¹⁷
Coca Cola	пластик	1,13	0,755	0,77	5,8·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	0,8·10 ⁻³	14·10 ¹⁷
Pepsi	пластик	1,18	0,860	0,86	7,4·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	0,9·10 ⁻³	12·10 ¹⁷

Самым удивительным является то, что в напитке Sprite наночастиц с указанными характеристиками вообще не было обнаружено.

Результатом исследования данного раствора является полное отсутствие каких-либо частиц, показанное прибором.

В связи с этим приведём итоговую таблицу изменений.

И в завершении работы целесообразно подсчитать содержание обнаруженных нано и микро объектов в граммах и в частицах на литр:

Выводы:

1. С помощью лазерного анализатора наночастиц «Zetatrac» определено наличие взвешенных микро и нано частиц в питьевой воде из различных источников.
2. В воде из-под крана и в воде, прошедшей очистку бытовым фильтром обнаружены нано частицы: в первом случае – частицы, по характеристикам сходные с пластиком или подобными ему веществами, во втором случае – ультра микроскопические частицы ржавчины в исчезающе малом количестве.
3. Установлено распределение найденных нано частиц по фракциям, рассчитаны их средняя масса, плотность и удельная поверхность.
4. Определены электрокинетические параметры

- микрочастиц, в частности, их дзета потенциал.
5. Впервые с помощью лазерного анализатора наночастиц «Zetatrac» определено наличие и точные размеры наночастиц, предположительно, пластика, в некоторых безалкогольных напитках.
 6. Наночастицы обнаружены в Coca Cola и Pepsi, но не обнаружены в напитке Sprite.
 7. Определены размеры наночастиц в безалкогольных напитках, их масса, плотность и удельная поверхность.
 8. Установлены также электрокинетические параметры наночастиц, в частности, их дзета потенциал.
 9. Определено содержание наночастиц в тех объектах, где они были обнаружены.

Литература

- Казмирук, В. Д., & Казмирук Т. Н. (2018). Оценка и мониторинг загрязнения водных объектов миропластиком. В В.Г. Сычев, Л. Мюллер (Ред.), *Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири*, 1, (с. 373-377). <https://doi.org/10.25680/5741.2018.49.57.177>
- Соринская, Е. А., & Корнилов, К. Н. (2019). Обнаружение липосом в компонентах для косметических кремов методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Лучшая научно-исследовательская работа 2019 года* (с.21-25). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37216487>
- Юсубов, Ю. (2019). Результаты исследования синтетического алкогольного напитка Jaguar методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Лучшая научно-исследовательская работа 2019 года* (с. 31-34). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37044737>
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2018). Up and away: ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics. *Biology Letters*, 14, 20180479. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0479>
- Dukhin, A. S., & Goetz, P. J. (2017). Fundamentals of interface and colloid science. In R. J. Hunter (Ed.), *Characterization of liquids, dispersions, emulsions, and porous materials using ultrasound* (3rd ed.), 2, (pp. 19-83). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63908-0.00002-8>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Bornerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R. & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19), 867–868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsecs, T., Reiberger, T., & Schwabl, P. (2018). *Assessment of microplastic concentrations in human stool* [Preliminary results of a prospective study, Presented at UEG Week 2018 Vienna, October 24, 2018. (Presentation)]. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_Microplastics_Web.pdf
- Mason, S., Welch, V., & Neratko, J. (2018). *Synthetic polymer contamination in bottled water*. Fredonia State University. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffchem.2018.00407>
- Pike, E. R., & Abbiss, J. B. (1997). *Light scattering and photon correlation spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers. <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Schmitz, K. S. (1990). *An introduction to dynamic light scattering by macromolecules*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-29091-X>
- Sighicelli, M., Lietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Nuglio, S. & Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian subalpine lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645–651 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.008>
- Wagner, M. & Lambert, S. (2018). *Freshwater microplastics*. Springer International Publishing (pp. 1-23). <https://www.springer.com/gp/book/9783319616148>
- Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., De Bièvre, P., Gröning, M., Loss, R. D., Meija, J., Hirata, T., Prohaska, T., Schoenberg, R., O'Connor, G., Walczyk, T., Yoneda, S., & Zhu, X. (2013). *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)*, *Pure and Applied Chemistry*, 85(5), 1047-1078. <https://doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>

Determination of Different Nanoparticles Contamination in Drinking Water and non Alcoholic Beverages

Kirill N. Kornilov

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: kirillkorn1982@gmail.com

Nataliya N. Roeva

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: roeva@mgupp.ru

The presence of microscopic particles of plastic in food is an urgent problem of the modern food industry and one of the main issues of food safety. This is due to the fact that microscopic plastic particles have so far been found in almost all environmental objects, but their effect on the body has not been fully studied. However, there are no clear methods for the determination of such particles, nor methods for cleaning food products from them. In the present work, the presence of nanoparticles of different chemical composition in drinking water and some drinks was determined by the method of Dynamic Laser Light Scattering (DLS). The size of the found micro and nano objects, their distribution by fractions was measured. For this purpose, the "Zetatrac" Laser Nanoparticle Analyzer (USA) was used. The average molecular weight of the detected particles, their average specific surface area and zeta potential are also determined. In some samples, its value is in the region of less than 1 mV, which indicates the tendency of micro objects to coagulate, and in others – more than 10 mV, i.e. here the suspensions are quite stable. Based on the instrumental-specific characteristics, it was suggested that nano and micro particles in drinking water and nano particles in drinking drinks are chemically similar to polymers – polypropylenes and polyethylene tetaphthalate. In some samples of drinking water, nanoparticles were found that are identical in characteristics to both plastic and rust. The content of nano and micro objects in the studied liquid samples was also determined. It ranges from 0.8 to $5 \cdot 10^{-3}\%$.

Keywords: Dynamic Laser Light Scattering, drinking water, nanoparticles, size distribution, molecular weight, zeta potential, plastic, rust

References

- Kazmiruk, V. D., & Kazmiruk, T. N. (2018). Assessing and Monitoring of Microplastic in waters. In V.G. Sychev, L. Myuller (Eds). *Novyye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Yevrope, Tsentral'noy Azii i Sibiri* [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow. Vol. 1, pp. 373-377. (in Russ.). <https://doi.org/10.25680/5741.2018.49.57.177>
- Sorinskaya, E. A., & Kornilov K.N. (2019). Detection of liposomes in components for cosmetic creams by Laser Dynamic Light Scattering. In *Lutchaya nauchnaya statya 2019 goda* [The Best Research Project of 2019] (pp.21-25). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37216487>
- Yusubov, Yu. (2019). Results of a study of a synthetic alcoholic beverage Jaguar by Laser Dynamic Light Dispersion. In *Lutchaya nauchnaya statya 2019 goda* [The Best Research Project of 2019] (pp.31-34). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37044737>
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2018). Up and away: ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics. *Biology Letters*, 14, 20180479. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0479>
- Dukhin, A. S., & Goetz, P. J. (2017). Fundamentals of interface and colloid science. In R. J. Hunter (Ed.), *Characterization of liquids, dispersions, emulsions, and porous materials using ultrasound* (3rd ed.), 2, (pp. 19-83). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63908-0.00002-8>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R. & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19), 867–868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsecs, T.,

How to Cite

Kornilov, K. N., & Roeva, N. N. (2019). Determination of Different Nanoparticles Contamination in Drinking Water and non Alcoholic Beverages. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s242>

- Reiberger, T., & Schwabl, P. (2018). *Assessment of microplastic concentrations in human stool* [Preliminary results of a prospective study, Presented at UEG Week 2018 Vienna, October 24, 2018. (Presentation)]. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_Microplastics_Web.pdf
- Mason, S., Welch, V., & Neratko, J. (2018). *Synthetic polymer contamination in bottled water*. Fredonia State University. <https://dx.doi.org/10.3389%2Fchem.2018.00407>
- Pike, E. R., & Abbiss, J. B. (1997). *Light scattering and photon correlation spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers. <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Schmitz, K. S. (1990). *An introduction to dynamic light scattering by macromolecules*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-29091-X>
- Sighicelli, M., Lietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Nuglio, S. & Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian subalpine lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645–651 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.008>
- Wagner, M. & Lambert, S. (2018). *Freshwater microplastics*. Springer International Publishing (pp. 1-23). <https://www.springer.com/gp/book/9783319616148>
- Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., De Bièvre, P., Gröning, M., Loss, R. D., Meija, J., Hirata, T., Prohaska, T., Schoenberg, R., O'Connor, G., Walczyk, T., Yoneda, S., & Zhu, X. (2013). *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)*, *Pure and Applied Chemistry*, 85(5), 1047-1078. <https://doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>

Повышение посевных качеств семян маша инфракрасным излучением

Кирдяшкин Владимир Васильевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: info@pcstart.ru

Андреева Алеся Адольфовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: andreevaaa@mgupp.ru

Елисеева Юлия Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: elis.iulia@yandex.ru

Для обеспечения населения продовольствием, продуктами животноводства, кормами и другими продуктами необходимо повышать эффективность выращивания зерновых культур, в том числе и бобовых, которые составляют протеиновую основу пищевой базы населения и животных. Маш является однолетним бобовым растением, которое содержит большое количество полезных веществ. В результате глобализационных процессов, переселения людей из Азии в Европу и Америку, а также благодаря популярности во всем мире азиатской кухни, культура получает все большее распространение и является перспективным сырьем для изготовления большого количества пищевых продуктов. В настоящей статье рассмотрена способность к прорастанию семян маша, обработанного инфракрасными лучами. Инфракрасное излучение является наиболее перспективным методом тепловой обработки, который позволяет за малый промежуток времени прогреть бобовые и ускорить процесс пробуждения зародыша. В исследовании использовалось зерно маша, соответствующее нормативному документу по основным показателям качества. Инфракрасную обработку маша проводили на серийно выпускаемой ООО «ПК Старт» установке термообработки зерна УТЗ-4. Облучение проводили, размещая зерно тонким слоем на ленте транспортера под тепловыми блоками. Энергию прорастания, всхожесть семян маша и оценку качества проростков определяли по стандартной методике. Наличие у бобовых трудно проницаемой, твердой оболочки, а так же влияние метеорологических и биологических факторов обуславливает неравномерность процесса прорастания. Кроме того, полевая всхожесть маша, как и других культур, как правило, ниже лабораторной. В процессе интенсивной инфракрасной обработки происходит ускорение прорастания зернобобовых культур. Установлено влияние различных режимов инфракрасной обработки маша на интенсификацию процессов, связанных с прорастанием зерна. В результате лабораторная всхожесть маша значительно повышалась.

Ключевые слова: маш, инфракрасная обработка, прорастание, всхожесть

Введение

Зернобобовые культуры используются для производства широкого ассортимента продуктов, концентратов, круп, муки, кормов, обогащающих добавок и многих других (Бачурская, Гуляев, 1976¹; Курчаева, Максимов, 2010).

Маш - однолетнее бобовое теплолюбивое растение, является важной сельскохозяйственной культурой, которая по площади занимает до 3700000 Га в мировом земледелии, ежегодный сбор бобов составляет 1570000 т. Традиционно наибольшее его количество выращивается и потребляется в юго-восточной Азии. Он также культивирует-

¹ Бачурская Л.Д., Гуляев В.Н. (1976). Пищевые концентраты. Издательство «Пищевая промышленность», 160.

ся в Индии, при этом является одним из главных источников белка, особенно для населения, не употребляющего в пищу мясо и мясные продукты (Вавилов, 1987²; Кулініч, 2012).

В странах СНГ маш возделывается в Узбекистане, Туркмении, Таджикистане, Закавказье и Казахстане. В Российской Федерации распространение получили сорта маша из Китая, отличающиеся большой урожайностью семян.

В связи с широким применением зернобобовых в пищевых технологиях и выходом на рынок крупяной продукции из пророщенного зерна повышение посевных качеств культур является важной задачей для пищевой индустрии и агропромышленного комплекса (Зайганова, Чижова, 2014; Казымов, Прудникова, 2012; Казымов, Прудникова, Кучерявенко, 2013; Мячикова, Сорокопудов, Биньковская, Думачева, 2012).

Литературный обзор

Данные проведенного анализа научно-технической литературы свидетельствуют, что существующие и широко применяемые методы предпосевной обработки требуют длительных временных затрат, а так же предполагают механическое повреждение бобов, которое приводит к уменьшению срока их хранения и ухудшению качественных показателей (Ахламов, 2009³; Степанов, Прохорова, 2011⁴).

В настоящее время наиболее перспективным способом тепловой обработки является инфракрасное излучение, так как оно позволяет за обеспечить однородный прогрев семян в потоке за короткое время (Стребков, 2008).

За основу исследования были положены научные и практические достижения в области инфракрасных технологий и культивирования зернового сырья таких ученых, как Гинзбурга, 1986⁵; Красникова, 1967; Мельникова, 1991; Плаксина, 1993⁶; Киракосян, Кирдяшкина, Никольской, Тюрева, 1990; Елькина, Абабкова, Мошаровой, 2001; Стребкова, 2008; Андреевой, 2010; Филатова, 2005, 2010 и др.

Теоретическое обоснование

Использование маша в качестве сырья для пищевых продуктов является перспективным направлением и приобретает большую популярность, например, в хлебопечении. Установлено, что в его бобах содержится до 24% белка, что обуславливает его значимость для пищевой индустрии (Суховарова, Чижикова, Коршенко, 2017), низкое содержание жира и сбалансированный аминокислотный состав позволяют использовать маш для производства диетических круп и мук. Поэтому необходимо культивировать зернобобовые культуры с высокими посевными свойствами.

Причинами низкой прорастаемости семян бобовых являются как пониженная газо- и водопроницаемость оболочки, так и метеорологические и биологические факторы (Терешина, 1974). Известно, что изменение посевных качеств зернобобовых так же происходит при температурном воздействии (Соболева, Кондратенко, 2015).

Для обеспечения высокой всхожести необходимо осуществлять комплекс мероприятий, направленных на создание хорошей методологической базы «активации» зерна.

Целью исследования является разработка режима инфракрасной обработки сырья, направленная на улучшение посевных качеств семян маша.

Задачами исследования являются подбор оптимальной температуры обработки семян и экспозиции обработки.

Исследование

Материалы

Исследование проводили на зерне маша зеленого, страна происхождения - Узбекистан, соответствующем СТО21318887-2013.

Оборудование

Выбор оптимального режима инфракрасной обработки проводили на серийно выпускаемой ООО «ПК Старт» установке термообработки зерна УТЗ-4. Схема установки представлена на рис. 1:

² Вавилов Н.И.(1987). Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 438.

³ Ахламов Ю.Д., Гришин А.И.(2009). Скарификатор. Патент РФ № 2351112. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2351112/> (Дата обращения: 11.09.2019).

⁴ Степанов А.Ф., Прохорова Н.А. (2011). Способ предпосевной обработки труднопрорастаемых семян бобовых трав. Патент РФ № 2092002. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2415537/> (Дата обращения: 11.09.2019).

⁵ Гинзбург А.С.(1986). Инфракрасная техника в пищевой промышленности. Издательство «Пищевая промышленность», 407.

⁶ Мельников, Е.М. (1991). Технология крупяного производства / Е.М. Мельников. М.: Агропромиздат, 207.

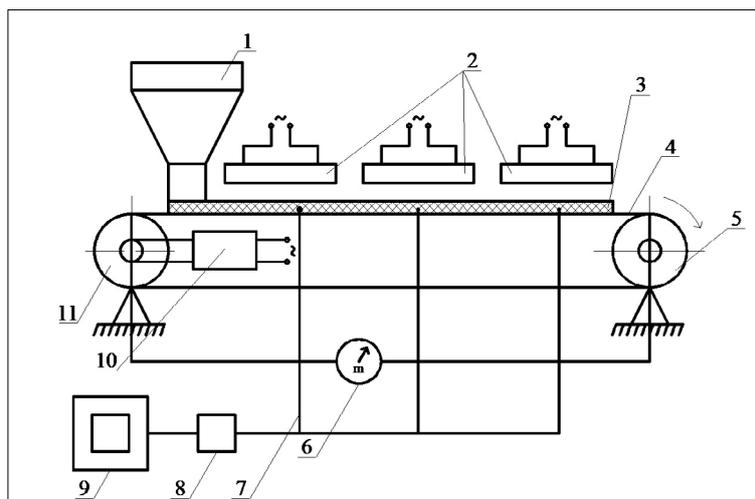


Рисунок 1. Схема установки УТЗ-4 для интенсивной инфракрасной обработки слоя крупяного сырья: 1 – бункер – дозатор с подъемным шибером, 2 – терморadiационные блоки, 3 – продукт, 4 – металлическая сетка, 5 – натяжной барабан, 6 – электронный весовой механизм, 7 – термопары, 8 – регистрирующий электронный блок, 9 – персональный компьютер (ПК), 10 – электродвигатель с частотным регулированием оборотов, 11 – приводной барабан

Методы исследования

Исследование прорастаемости семян маша проводили согласно ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

Процедура исследования

Исследуемые семена размещали на ленте транспортера слоем в одно зерно. Серийная установка рассчитана на электрическую мощность 33 кВт, при этом плотность лучистого потока $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$ согласно номограмме (Ильясов, Красников, 1978).

Экспозиция обработки маша проводилась от 0 до 20 с при плотности лучистого потока ($E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$) до достижения температуры зерна 70°C . Температуру фиксировали с помощью ИК-пирометра. Затем определяли прорастаемость семян маша.

Результаты обрабатывали статистическим методом. Количество повторностей - 6.

Результаты

Кинетика нагрева семян маша с влажностью 13% инфракрасным излучением представлена на рис.2.

На рис.3 представлена динамика показателя про-

растваемости семян маша при инфракрасной обработке с $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$ и температурой 70°C .

Эксперимент проводили в шести повторностях. При обработке данных об изменении прорастаемости и качественных характеристик ростков для получения достоверных результатов использовали статистический метод обработки результатов экспериментальных данных, основанный на определении статистических средних показателей степени варьирования (Саутин, 1975).

На рис.4 представлены данные прорастаемости семян обработанных инфракрасным излучением и нагретых до различных температур.

В процессе проведения исследования фотографировали прорастающие семена маша через каждые 24 ч. На рис.5 представлена качественная характеристика проростков необработанных образцов и обработанных при рекомендуемом нами режиме:

В ходе исследования наблюдали влияние предпосевной обработки маша инфракрасным излучением на скорость развития ростка (таблица 1):

Дискуссия

Процесс производства семян перед посевом с целью улучшения его посевных характеристик изу-

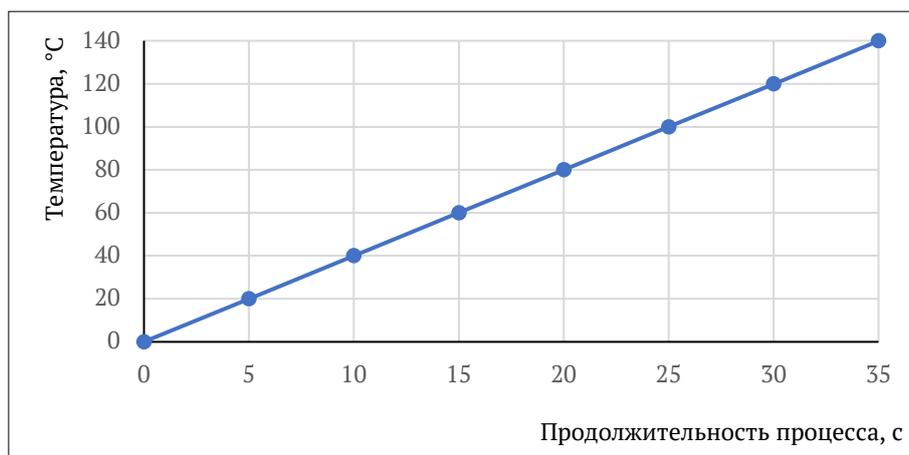


Рисунок 2. Термограмма семян маша при инфракрасной обработке с $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$

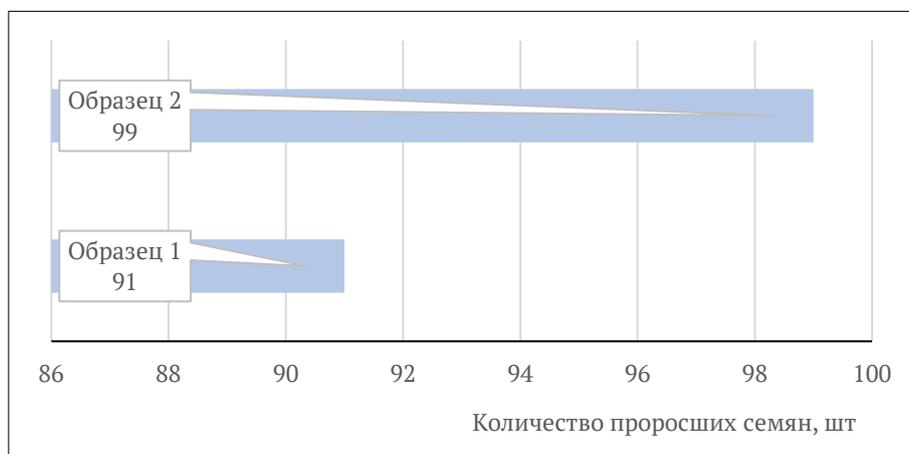


Рисунок 3. Прорастаемость необработанных (образец 1) и обработанных (образец 2) семян маша при $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$ и $t = 70^\circ\text{C}$

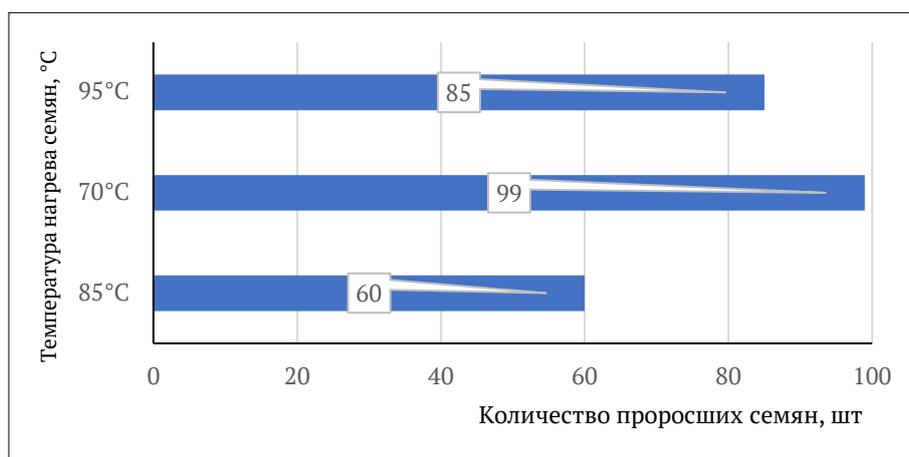


Рисунок 4. Прорастаемость обработанных инфракрасным излучением семян маша, нагретых до различных температур

чался многими учеными (Гинзбург, Громов, 1984⁷). Положительная реакция нагрева семян перед посевом отмечена многими исследователями (Гинзбург, Красников, 1967). Зерна, прорастающие под действием света, скоро начинают использовать его энергию для проведения процессов синтеза ве-

ществ в ростке (Козьмина, 1976⁸; Кретович, 1991⁹; Казаков, Карпиленко, 2005¹⁰; Рахматулина, 2012).

Инфракрасное излучение позволяет за короткое время дать мощный тепловой поток на семена, что приводит к уменьшению плотности упаковки структуры эндосперма и улучшению водо- и га-



(1)



(2)

Рисунок 5. Качественные характеристики проростков на третий день прорастания: 1 - необработанный образец маша; 2 - маш, обработанный инфракрасным излучением

Таблица 1

Развитие ростка у обработанных и необработанных инфракрасным излучением семян маша

День проращивания	Семена маша	
	необработанные	обработанные
1		
2		
3		

⁷ Гинзбург А.С., Громов М.А. (1984). Теплофизические свойства зерна, муки, крупы. М.: Колос, 304.

⁸ Козьмина Н.П. (1976) Биохимия зерна и продуктов его переработки. Москва, «Колос», 375.

⁹ Кретович В.Л. (1991). Биохимия зерна. М.: Наука, С.131.

¹⁰ Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. (2005). Биохимия зерна и хлебопродуктов. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 512.

зопроницаемости оболочки зерна (Тюрев, Зверев, Цыгулев, 1993¹¹).

Исследования показали, что при воздействии инфракрасного излучения с $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$ семена маша за 6-8 с нагреваются до 70°C . При большей экспозиции нагрева температура семян возрастает, при этом скорость нагрева составляет $5-6^\circ\text{C/с}$ (рис.2). Прорастаемость обработанных семян маша повышается (рис.2).

Маш, подвергнутый более длительной тепловой обработке и имеющий более высокую температуру (85°C), теряет свою прорастаемость, а маш, получивший недостаточное количество энергии (60°C) имеет более низкий показатель прорастаемости (рис.4).

Анализируя внешний вид ростков, представленных на рис.5 и в таблице 1 можно сделать вывод, что маш, обработанный инфракрасным излучением, дает росток быстрее, чем необработанный. При этом семена, подвергнутые инфракрасной обработке, дают более мощный и развитый росток. Таким образом, предпосевная обработка позволяет повысить прорастаемость и улучшить качество ростков.

Выводы

По результатам эксперимента сделали следующие выводы:

- маш - перспективное сырье для пищевой промышленности и благодаря достаточно высокому содержанию белка составляет хорошую белковую основу для продуктов питания;
- зернобобовые культуры относятся к труднопрорастаемым и требуют дополнительной предпосевной обработки, наиболее эффективным способом «активации» семян перед посевом является инфракрасная обработка;
- для эффективного проведения предпосевной обработки и достижения высокой всхожести оптимальные параметры инфракрасной обработки: $E = 22-24 \text{ кВт/м}^2$, температура нагрева семян 70°C , продолжительность обработки - 7-8 с.

Литература

Борисенко, Л. А., Брацихин, А. А., Борисенко, А. А., Зорин, А. В., Барашева, Е. С., & Борисенко, А. А.

(мл.) (2010). Изучение кинетики проращивания зернобобовых культур в активированных средах. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 54-55.

Гинзбург, А.С., & Красников, В.В. (1967). Инфракрасное излучение как метод интенсификации технологических процессов пищевых производств. В *Проблемы пищевой науки и технологии* (с. 28 - 33).

Елькин, Н. В., Абабков, К. В., & Мошарова, И. В. (2001). Инфракрасные технологии в переработке зернового сырья при производстве продуктов питания. *Агробизнес и пищевая промышленность*, 8, 26-27.

Загайнова, И. С., & Чижова, М. Н. (2014). Пророщенные семена бобовых культур как источник пищевых и биологически активных веществ. В *Студенческий научный форум 2014*, <https://scienceforum.ru/2014/article/2014002868>

Ильясов, С. Г., & Красников, В.В. (1978). *Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов*. Издательство «Пищевая промышленность».

Казымов, С. А., & Прудникова, Т. Н. (2012). Влияние проращивания на аминокислотный состав бобов маша. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 5-6, 25-26.

Казымов, С. А., Прудникова, Т. Н., & Кучерявенко, И. М. (2013). Перспективы использования зернобобовой культуры маш в качестве белкового обогатителя при производстве хлеба. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1, 79-80.

Киракосян, Ю. Р., Кирдяшкин, В. В., Никольская, Ю. А., & Тюрев, Е. П. (1990). Применение ИК-излучения при выработке хлопьев из ячменя. *Пищевая промышленность*, 1, 51 - 53.

Курчаева, Е. Е., & Максимов, И. В. (2010). Использование бобов маша при производстве рубленых мясных полуфабрикатов. В *Современные наукоемкие технологии* (с. 89-90).

Мячикова, Н. И., Сорокопудов, В. Н., Биньковская, О. В., & Думачева, Е. В. (2012). Пророщенные семена как источник пищевых и биологически активных веществ для организма человека. *Современные проблемы науки и образования*, 5.

Плаксин, Ю. М. (1993). Научно-технические основы пищевой технологии при ИК-энергоподводе. [Докторская диссертация. МГАПП]. Москва, Россия.

Рахматуллина, Ю. Р. (2012). Разработка энергосберегающей технологии производства продуктов длительного хранения их пророщенного зерна. [Кандидатская диссертация]. Москва, Россия.

¹¹ Тюрев Е.П., Зверев С.В., Цыгулев О.В. (1993). Термообработка зерна ИК-излучением. ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. М, 28.

- Соболева, О. М., & Кондратенко, Е. П. (2015). Комбинированный метод предпосевной обработки семян низкой всхожести. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 1, 42-47.
- Стребков, В. Б. (2008). *Разработка нового способа обработки соевых бобов на основе инфракрасного энергоподвода*. Библиотечно-издательский комплекс МГУПП.
- Суховарова, М. А., Чижикова, О. Г., Коршенко, Л. О. (2017). Перспективы использования семян маша в хлебопечении. *Дальневосточный аграрный вестник*, 1, 61-66.
- Терешина, Э. В. (1974). Исследование способов ускорения процессов послеуборочного дозревания ячменя, предназначенного для приготовления солода. [Кандидатская диссертация]. Москва, Россия.
- Филатов, В. В. (2005). Совершенствование процесса термообработки зерна при инфракрасном энергоподводе [Кандидатская диссертация]. Москва, Россия.
- Филатов, В. В. (2010). Современные процессы, аппараты и технологии для переработки зерна и круп при инфракрасном энергоподводе. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 10, 19-24.

Increasing of Sowing Qualities of a Mung Bean Seeds by Infrared Radiation

Vladimir V. Kirdyashkin

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: info@pcstart.ru*

Alesya A. Andreeva

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: andreevaaa@mgupp.ru*

Julia E. Eliseeva

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: elis.iulia@yandex.ru*

The main issue of the food industry is uninterrupted provision of population with good variation of foods, livestock products and feed materials. In this regard it is necessary to increase growing efficiency of legumes which is a protein base of the food industry. Mung bean is annual bean plant, which contains a lot of useful materials. The culture is widespread as a result of globalization, resettlement of people from Asia to Europe and USA and also due to the growing popularity of Asian cuisine. Mung beans is a promising material for foods production. This article focuses on germinating capacity of processed by infrared rays mung bean seeds. Infrared radiation is the most promising method of heat treatment and allows to heat legumes during a short time and hasten awaking process of a germ. Standard cereal main characteristic of which are conformed to specifications of the normative document was used in the research. The infrared treatment of mung bean was realized on heat treatment installation by OOO "MC Start". The grain was set in one layer under heat blocks. Germination energy and seeding quality were evaluated in laboratory conditions according to standard methodology. Nonequivalence of germination is conditioned by presence of impervious and solid shell and also meteorological and biological factors influence. In addition field germination of mung bean seeds is usually lower than laboratory germination. During infrared treatment germination of legumes was increased. The impact of different modes by infrared treatment on germination process was established. In the result laboratory germination of mung bean significantly increased.

Keywords: mung bean, infrared treatment, germination

References

- Borisenko L.A., Bracihin A.A., Borisenko A.A., Zorin, A.V., Barasheva, E.S., & Borisenko, A.A. (Jr.). (2010). The studying of the kinetics of germination of legumes in activated medium. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 8, 54-55.
- Ginzburg, A. S. (1986). *Infrakrasnaya tekhnika v pishchevoj promyshlennosti* [Infrared technology in the food industry]. Izdatel'stvo «Pishchevaya promyshlennost'».
- Ginzburg, A. C., & Gromov, M. A. (1984). *Teplofizicheskie svoystva zerna, muki, krupy* [Thermophysical properties of grain, cereal, flour]. Kolos.
- Ginzburg, A. C., & Krasnikov, B. B. (1967). Infrared radiation as a method of intensification of technological processes of food production In *Problemy pishchevoj nauki i tekhnologii* [Problems of food science and technology] (p. 28 - 33).
- El'kin, N. V., Ababkov, K. V., & Mosharova, I. V. (2001). Infrared technologies in the processing of grain raw materials in food production. *Agrobiznes i pishhevaya promyshlennost'* [Agribusiness and food industry], 8, 26-27.
- Zagajnova, I. S., & Chizhova, M. N. (2014). Germinated seeds of leguminous crops as a source of food and biologically active substances. In *Studencheskij nauchnyj forum 2014* [Student science forum], <https://scienceforum.ru/2014/article/2014002868>
- Il'yasov, S. G., & Krasnikov, V. V. (1978). *Fizicheskie osnovy infrakrasnogo oblucheniya pishchevyh produktov* [Physical fundamentals of infrared

How to Cite

Kirdyashkin, V. V., Andreeva, A. A., & Eliseeva, J. E. (2019). Increasing of sowing qualities of a mung bean seeds by infrared radiation. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s209>

- food irradiation]. Izdatel'stvo «Pishchevaya promyshlennost'».
- Kazymov, S. A., & Prudnikova, T. N. (2012). Germination influence on amino acids composition of mash beans. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 5-6, 25-26.
- Kazymov, S. A., Prudnikova, T. N., & Kucheryavenko, I. M. (2013). Prospects of the using of mung bean as a protein fortifier in the production of bread. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 1, 79-80.
- Kirakosyan, YU. R., Kirdyashkin, V. V., Nikol'skaya, YU. A., & Tyurev, E. P. (1990). The using of infrared radiation in the production of flakes from barley. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 1, 51 - 53.
- Kurchaeva, E. E., & Maksimov, I. V. (2010). The using of mung bean in minced meat semi-finished products production. In *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technology](p.89-90).
- Mel'nikov, E. M. (1991). *Tekhnologiya krupyanogo proizvodstva* [Technology of the cereal production/ E.M. Melnikov]. Agropromizdat.
- Myachikova, N. I., Sorokopudov, V. N., Bin'kovskaya, O. V., & Dumacheva, E. V. (2012). Germinated seeds as a source of nutrients and bioactive substance for human body. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 5.
- Plaksin, YU. M. (1993). *Nauchno-tekhicheskie osnovy pishchevoj tekhnologii pri IK-energopodvode* [Scientific and technical fundamentals of food technology with infrared power supply] [Doctoral dissertation, MGAPP]. Moscow, Russia.
- Rahmatullina, YU. R. (2012). *Razrabotka energosberegayushchej tekhnologii proizvodstva produktov dlitel'nogo hraneniya ih proroshchennogo zerna* [Development of energy-saving technology for the production of long-term storage products from germinated grain][Candidate dissertation]. Moscow, Russia.
- Soboleva, O. M., Kondratenko, E. P. (2015). Combined method of pre-sowing treatment of seeds with low germination. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 1, 42-47.
- Strebkov, V. B. (2008). *Razrabotka novogo sposoba obrabotki soevyh bobov na osnove infrakrasnogo energopodvoda* [Development of a new method of processing soybeans based on infrared power supply]. Bibliotechno-izdatel'skij kompleks MGUPP.
- Suhovarova, M. A., CHizhikova, O. G., & Korshenko, L. O. (2017). Prospects of using of mung bean seeds in bakery. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik* [Far Eastern Agricultural Bulletin], 61-66.
- Tereshina E.V. (1974). *Issledovanie sposobov uskoreniya processov posleuborochnogo dozrevaniya yachmenya, prednaznachennogo dlya prigotovleniya soloda* [Research of ways to accelerate the post-harvest ripening of barley, intended for the preparation of malt] [Candidate dissertation]. Moscow, Russia.
- Filatov, V. V. (2005). *Sovershenstvovanie processa termoobrabotki zerna pri infrakrasnom energopodvode* [The improvement of the process of heat treatment of grain with infrared power supply] [Candidate dissertation]. Moscow, Russia.
- Filatov, V. V. (2010). Mode.rn processes, devices and technologies for processing grain and cereals with infrared power supply. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 10, 19-24.

Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях

Миневич Ирина Эдуардовна

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Адрес: 170041, город Тверь, Комсомольский пр., 17/56

E-mail: irina_minevich@mail.ru

Благодаря своим уникальным свойствам семена льна вызывают пристальный интерес как источник биологически активных веществ, необходимых для функционального питания и поддержания активного здоровья человека. Они богаты эссенциальными полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, полноценным белком, полипептидами и лигнанами, относящимся к классу фитоэстрогенов, которые поддерживают важнейшие физиологические функции организма человека. Данные о практическом использовании семян льна в пищевых технологиях, направленных на создание продуктов здорового питания, в отечественной научной литературе разрознены. Цель настоящего обзора – обобщение опубликованной в отечественной и зарубежной литературе информации по анализу функциональной значимости семян льна и их практическому использованию в продуктах питания, доказывающих перспективность и необходимость широкого внедрения данной культуры в пищевые технологии. на основе анализа функциональной значимости семян льна и продуктов их переработки обосновать практическую целесообразность их широкого использования в пищевых технологиях. В работе приведены краткие сведения об истории культуры льна и динамике производства семян льна в России. На основании анализа научных источников показана роль биологически активных веществ и функциональных ингредиентов семян льна в снижении риска и профилактике ряда заболеваний (онкологических, сердечно-сосудистых и пр.). Приведена информация о результатах исследований (в том числе собственных) по введению семян льна в широкий ряд разнообразных продуктов. Семена льна используют, в основном, в целом, измельченном виде, или в виде муки. Помимо муки и масла перспективными функциональными пищевыми ингредиентами являются белковые и полисахаридные продукты переработки семян льна. Показано, что семена льна и продукты их переработки используются для повышения пищевой ценности хлебобулочных, мучных кондитерских, молочных, мясных, экструдированных и прочих продуктов. Приведены данные об оптимальном содержании семян льна и их ингредиентов в пищевых продуктах, при котором улучшались их органолептические и повышались физико-химические свойства. Множество научных исследований семян льна являются обоснованным подтверждением необходимости широкого внедрения этой многофункциональной культуры в пищевые технологии 21 века.

Ключевые слова: лен, масличные семена, полисахариды, белки, пищевые волокна, пищевые технологии, биологически активные вещества, функциональные ингредиенты

Введение

Питание является эффективным фактором сохранения и улучшения здоровья, увеличения продолжительности жизни, ее активного периода и сохранения работоспособности. Необходимость профилактики алиментарно-зависимых заболеваний путем коррекции пищевого статуса зафиксирована в «Основах государственной политики

Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», а также в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»¹. Развитие концепции оптимального питания, определение понятия «здоровое питание» привело к тому, что пищевые продукты стали рассматривать как эффективное средство поддержания физического и психического здоровья, профилак-

¹ Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 г. №1873-р.; Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030г: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г № 1364-р.

тики многих заболеваний. В настоящее время с помощью различных исследований: научных экспериментальных, клинических, эпидемиологических установлена корреляционная связь между состоянием здоровья человека и обеспеченностью организма энергией и необходимыми пищевыми веществами. В частности доказано, что вклад питания в развитие болезней сердечно-сосудистой системы, диабета, остеопороза, ожирения, некоторых форм злокачественных новообразований составляет от 30 до 50 %.²

Осознание обществом необходимости соблюдения здорового образа жизни и, как его компонента, здорового питания стимулирует спрос на продукты функционального назначения. В связи с этим производство функциональных продуктов является одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности.

Большое значение для расширения ассортимента функциональных продуктов имеет выбор сырья. Все чаще для повышения пищевой ценности традиционных продуктов и их функциональности используются такие виды сырья, как мука масличных, бобовых культур, масличные семена, орехи, жмыхи и пр.

Благодаря своим уникальным свойствам семена льна вызывают пристальный интерес как источник биологически активных веществ, необходимых для функционального питания и поддержания активного здоровья человека. Они богаты эссенциальными полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, полноценным белком, полипептидами и лигнанами, относящимся к классу фитоэстрогенов, которые поддерживают важнейшие физиологические функции организма человека. В научной литературе большая часть публикаций в области исследований семян льна посвящены изучению влияния их биологически активных компонентов на снижение риска и профилактику ряда заболеваний, их физиологическому воздействию на организм человека (Толкачев, 2000; Bernacchia, 2014; Ganorkar, 2013; Goyal, 2014; Gutte, 2015). Данные о практическом использовании семян льна в пищевых технологиях, направленных на создание продуктов здорового питания в отечественной научной литературе невелики по объему и разрознены. Анализ сведений о функционально-технологических свойствах семян льна и продуктов их переработки, и эффективности их введения в различные виды продуктов для повы-

шения пищевой ценности, сенсорных свойств изделий могут быть полезны для специалистов в области здорового питания.

Цель настоящего обзора – обобщение опубликованной в отечественной и зарубежной литературе информации по анализу функциональной значимости семян льна и их практическому использованию в продуктах питания, доказывающих перспективность и необходимость широкого внедрения данной культуры в пищевые технологии на основе анализа функциональной значимости семян льна и продуктов их переработки обосновать практическую целесообразность их широкого использования в пищевых технологиях.

Краткие сведения о культуре льна

Лен как пшеница, ячмень, кукуруза, соя и хлопчатник относится к группе самых древних возделываемых растений. По мнению Г. Танфильева (Танфильев, 1923) родиной льна является Западная Персия, откуда он проник в другие страны, причисляемые к древнейшим очагам культуры льна – Индию, Китай, районы Средней Азии, а также на запад и юго-запад, прежде всего Вавилон и Египет, где лен разводился вначале только ради получения съедобных семян. Лен на волокно в Египте стали разводить в конце третьего тысячелетия до нашей эры. Выделка льняных тканей в Египте достигла большого совершенства, эти изделия высоко ценились в Греции и Риме. Поэтому, вероятно, что греки и римляне долгое время возделывали у себя лен исключительно на семена.

В древнегреческой и древнеримской литературе упоминания о льне начинают встречаться с VI в. до нашей эры. Слова «лион» (греческое) и «линум» (латинское), от которых происходит и русский «лен», встречаются в произведениях Гомера, Геродота, Фукидида, Теофраста, Плиния и других писателей древнего мира (Новоселов, 1996).

От римлян лен позаимствовали галлы и кельты – основоположники льноводства в Западной Европе, а от греков – славяне, положившие начало разведению льна в Восточной Европе.

С началом новейшего периода следует различать возделывание льна на волокно и масло, так как современные культурные типы разводятся отдельно в зависимости от способа их переработки. С течением времени чисто волокнистый лен все более

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018.-268с.

отделяется от льна масличного.

В Америке лен играл большую роль в качестве первого культурного растения на землях из-под девственных лесов, а также в качестве предшественника пшеницы. В Африке и Австралии возделывание льна получило распространение уже в новейшее время, когда начали разводить культурные типы льнов раздельно в зависимости от целей и способов их использования (на волокно и масло).

В России лен культивировался с древних времен. О посевах льна на русской равнине, в Колхиде, есть упоминания у Геродота, относящиеся к VI в. до нашей эры.

Большое внимание уделял развитию этой культуры в России Петр I. В целях развития маслосемянного производства он запретил продавать льняные семена на экспорт, чтобы торговали только льняным маслом. До 1900 г в России льняного масла вырабатывалось и потреблялось больше, чем подсолнечного. Расширение посевов подсолнечника, а также преимущества подсолнечного масла в хранении постепенно вытеснили льняное из широкого употребления (Прянишников, 1921).

Быстрый рост цены на льняное волокно и повышение урожайности зерновых и овощных культур резко снизили использование семян льна в качестве пищевого продукта. Поэтому долгое время продовольственные свойства семян льна были неостребованы.

Накануне первой мировой войны среднегодовая продукция мирового льноводства составляла около 28 млн. ц семян и 7,5 млн. ц волокна. Первое место в мировом сборе льносемян принадлежало Аргентине, второе – России. В мировом сборе льна-волокна доля России составляла около 85%. Общая площадь подо льном в 1913 г достигла в России 1,4 млн. гектаров, в том числе льном-кудряшом было занято около 400 тыс. гектаров. Валовой сбор льносемян в 1913 году составил 5,9 млн. ц. (Минкевич, 1957). В советское время СССР также был мировым лидером по производству и экспорту продукции льноводства (Федосова, 2005).

В результате экономической нестабильности последних десятилетий 20 века в России резко снизи-

лось производство этой культуры по всем направлениям, несмотря на ее значение для экономики страны.

Производство семян масличного льна в современной России

Масличный лен на мировом рынке считается нишевой культурой: он производится в объеме 2,2-2,7 млн. тонн и занимает менее 1% от общего объема масличных. Однако востребованность масличного льна является стабильной из-за высокого мирового спроса на пищевые семена льна и льняное масло, прежде всего, для химической промышленности (Христьян, 2017; Федосова, 2013)³.

Наибольшие посевные площади масличного льна сосредоточены в Канаде, России, Китае, США, Казахстане. В последние годы растет его производство в Беларуси.

Производство масличного льна в России резко возросло после 2009 года, как это проиллюстрировано на рисунке 1.⁴

За период с 2007 по 2018 годы площадь посевов масличного льна выросла более, чем в 6 раз, а именно с 110 до 745,6 тыс. га; валовой сбор семян резко увеличился и, например, в 2016 году превысил 700 тыс. тонн, при этом общая урожайность культуры в этом году составила 10,4 ц/га.⁵

Резкий рост производства семян льна в России стал возможен благодаря высокой цене на масличные культуры на мировом рынке и экспортным перспективам. Как в предыдущие годы, так и сейчас рынок масличного льна является сугубо экспортноориентированным, семена реализуются в Европу, также в последние годы растет вывоз в Китай и Вьетнам. Существенный рост переработки масличного льна в России подтверждает статистика по производству льняного масла. Так, с января по ноябрь 2018 года выпуск масла возрос в 1,5 раза до 15,3 тыс. тонн. Драйверами роста стали Центральный и Сибирский регионы. Масло реализуется как на внутреннем рынке, так и экспортируется, преимущественно в Китай.⁶

В России, как показывают расчеты, приведенные авторами (Новиков, 2017), даже при низкой уро-

³ Marleau, R., & Ulrich, A. (2004). Generating a Profit from Oilseed Flax Straw http://www.usask.ca/soilscrops/conference-proceedings/previous_years/files/2004docs/023pdf

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=12053

⁵ Мода на лен <http://agro-barsa.ru/gazeta/stati/2016/03/07/moda-na-len.html>

⁶ Итоги года 2018. Масличные. <https://www.ikar.ru/lenta/672.html> дата обращения 29.04.2019



Рисунок 1. Динамика показателей посевных площадей, валовых сборов и урожайности масличного льна в России за период 2007-2018гг

жайности семян (0,6 т/га) обеспечивается рентабельность их выращивания на уровне 20%, а при урожайности семян 1т/га - рентабельность приближается к 100%. При урожайности семян свыше 1-1,5 т/га рентабельность может достичь 120–135 % (Kolotov, 2015). Вполне вероятно, по этой причине семена льна в качестве сырья, в основном, идут на экспорт. Их использование на внутреннем рынке для производства продуктов с добавленной стоимостью невелико.

Функциональные ингредиенты и биологически активные компоненты семян льна

Семена льна являются источником основных функциональных пищевых ингредиентов и биологически активных веществ, оказывающих благотворное влияние на организм человека. В последние 30 лет проводятся широкие экспериментальные исследования по влиянию семян льна и их биологически активных веществ на снижение и профилактику различных заболеваний (Muir, 2003; Oomah, 1998; Udenigwe, 2010; Adolphe, 2010; Korkina, 2011; Imran, 2015; Gutte, 2015 ; Sahoo, 2015). Разнообразие био-

химического состава семян льна представлено на рисунке 2.

Липиды семян льна. Традиционно семена льна рассматриваются как источник масла, содержащего более 50% α -линоленовой кислоты, которая относится к полиненасыщенным жирным кислотам класса ω -3. Промышленная переработка семян льна предусматривает в основном получение льняного масла, технического и пищевого.

Нейтральные липиды льняного масла в первую очередь представлены триглицеридами или триацилглицеринами с разными жирно-кислотными остатками. Основные насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав глицеридов льняного масла показаны в Таблице 1.

Химический состав льняного масла в большей степени зависит от района и условий возделывания, чем от сортовых особенностей. Как правило, южный, мягкий климат благоприятствует образованию и накоплению олеиновой кислоты, в северном климате образуется больше линоленовой кислоты

Таблица 1

Жирнокислотный состав льняного масла*

Название кислоты	символ	формула	содержание, %
насыщенные:			
пальмитиновая	C _{16:0}	CH ₃ - (CH ₂) ₁₄ - COOH	4,7-8,6
стеариновая	C _{18:0}	CH ₃ - (CH ₂) ₁₆ - COOH	2,2-6,3
ненасыщенные:			
олеиновая	C _{18:1}	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH = CH(CH ₂) ₇ COOH	13,0-22,0
линолевая	C _{18:2}	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH = CHCH ₂ CH = CH(CH ₂) ₇ - COOH	12,2-17,8
линоленовая	C _{18:3}	CH ₃ CH ₂ CH = CHCH ₂ CH = CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	39,8-60,9

Примечание. *Источники: Oomah, 2001; Morris, 2007; Rubilar, 2010; Singh, 2011; Anwar, 2013; Guimaraes, 2013

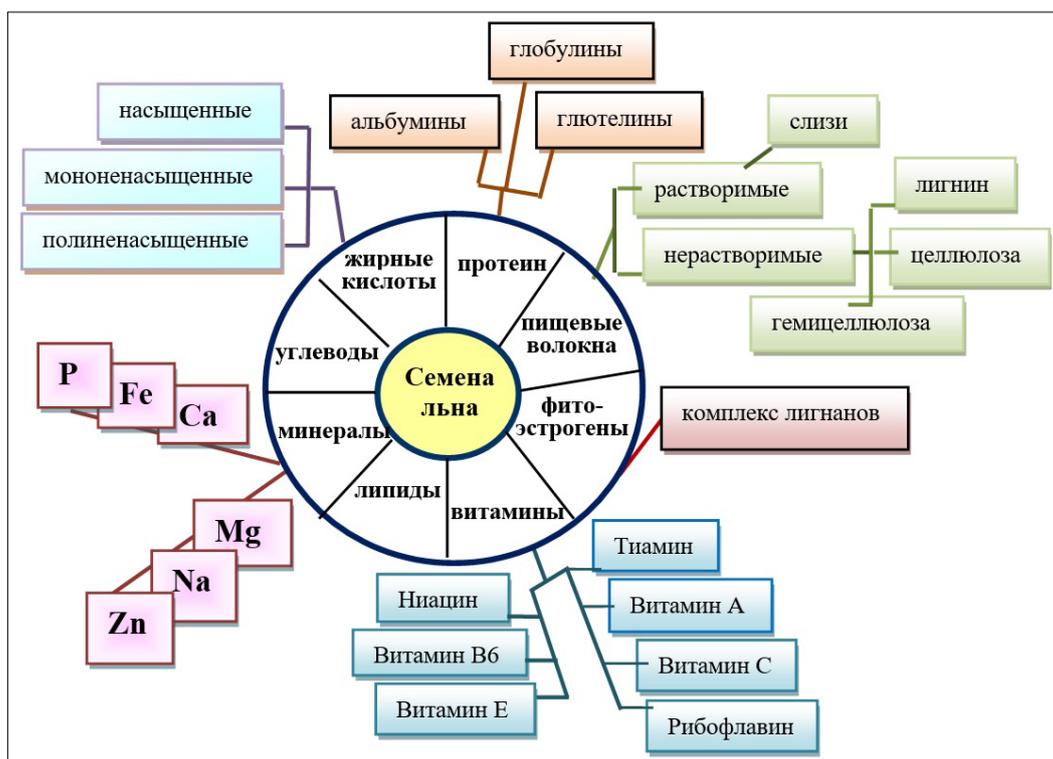


Рисунок 2. Биохимический состав семян льна

(Минкевич, 1957).

Ценность льняного масла определяется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, особенно α -линоленовой (ALA), и низким содержанием насыщенных (таблица 1) Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) льняного семени – α -линоленовая (ω -3) (ALA) и линолевая (ω -6) (LA) признаны эссенциальными. Они являются предшественниками длинноцепочечных ПНЖК человеческого организма и входят в состав практически всех клеточных мембран (Lunn, 2006; Gebauer, 2006). ALA метаболизируется в докозогексановую кислоту (DHA) (ω -3) и эйкозопентаеновую кислоту (EPA) (ω -3). О пользе для здоровья всех ω -3 жирных кислот (ALA, EPA и DHA) широко известно, включая сердечно-сосудистые заболевания, гипертонию, атеросклероз, диабет, рак, артрит, остеопороз, аутоиммунные нарушения и неврологические расстройства (Simopoulos, 2000; Gogus, 2010). ALA льняного семени обладает противораковой активностью, уменьшает содержание триглицеридов в крови, понижает содержание холестерина, оказывает антитромботическое и противовоспалительное действие (Chen, 1991; Riediger, 2009; De Lorgeril,

2001; Hurteau, 2004).

Линоленовая кислота в комбинации с линолевой и другими полиеновыми кислотами влияют на абсорбцию жирорастворимых витаминов А, Д, Е и К (Толкачев, 2000). Также ω -3 ПНЖК рассматриваются в качестве компонента лечебной диеты при ожирении (McCullough, 2011)⁷.

Баланс ω -3 и ω -6 ПНЖК важен для гомеостаза и нормального развития человеческого организма. Высокое содержание ω -6 в рационе человека сдвигает его физиологическое состояние, вызывая увеличение вязкости крови, спазмы и сужение сосудов, тогда как ω -3 обладают антистрессовым, антиаритмическим и сосудорасширяющими свойствами (Cooper, 2000)⁸. Соотношение этих кислот считается оптимальным как ω -6 : ω -3 = (5-10):1 (Кулакова, 2009). Баланс α -линоленовой и линолевой кислот в льняном и популярных маслах представлен в Таблице 2 (Цыганова, 2010).

В подсолнечном масле, широко используемом на территории страны, ω -3 ПНЖК практически отсутствуют. В пшеничном масле содержание ω -6 в 4

⁷ Гичев, Ю. Ю., & Гичев, Ю. П. (2001). *Руководство по биологически активным добавкам*. М.: «Триада-Х», 232с.

⁸ Там же

Таблица 2

Содержание основных ненасыщенных жирных кислот в растительных маслах

Продукт	Среднее содержание (% от суммы жирных кислот)			ω -6 : ω -3
	Олеиновая (ω -9)	Линолевая (ω -6)	Линоленовая (ω -3)	
Льняное масло	24,0	19,0	45,0	1: 2,4
Пшеничное масло	22,0	42,0	10,0	4,2: 1
Подсолнечное масло	26,0	46,0	0,2	-
Соевое масло	22,0	53,0	7,5	7,1: 1

раза выше ω -3. Однако пшеничная мука содержит не более 1,3% жира, что не может восполнить суточную потребность организма в ПНЖК, несмотря на то, что мучные изделия составляют значительную долю в рационе питания россиян. В соевом масле баланс ПНЖК можно считать оптимальным, однако его потребление в России значительно меньше по сравнению с подсолнечным. Из всех популярных пищевых растительных масел льняное является концентрированным источником ω -3 ПНЖК и перспективным компонентом для создания продуктов с улучшенным жирнокислотным составом.

Минорные липиды и жирорастворимые соединения включают моноацилглицериды, диацилглицериды, токоферолы, стеролы, фосфолипиды, воски, свободные жирные кислоты, каратиноиды (Shim, 2014).

Токоферолы являются самыми распространенными в природе эффективными антиоксидантами.

Как правило, антиоксидантная активность изомеров токоферолов увеличивается в ряду: α , β , γ , δ (Engberg, 1993). Наибольшее содержание в семенах льна и льняном масле - у γ -токоферолов (мг/кг): в среднем 29,7 по сравнению с 0,55 (α -токоферол) и 0,45 (δ -токоферол) (Morris, 2007).

Протеины льняного семени. Протеины в семенах льна являются вторым компонентом после липидов (18-25%). После удаления масла в зависимости от технологии процесса в обезжиренных семенах льна (жмыхе или шроте) содержание протеинов может составлять от 25 до 45%. Протеины семян льна, характеризуются сбалансированным аминокислотным составом и высокой питательной ценностью (Gutte, 2015; Rabetafika, 2011; Amin, 2014; Kajla, 2015).

Аминокислотный профиль протеинов семян льна представлен на рисунке 3 (Цыганова, 2010).

Следует отметить преобладание суммы незаме-

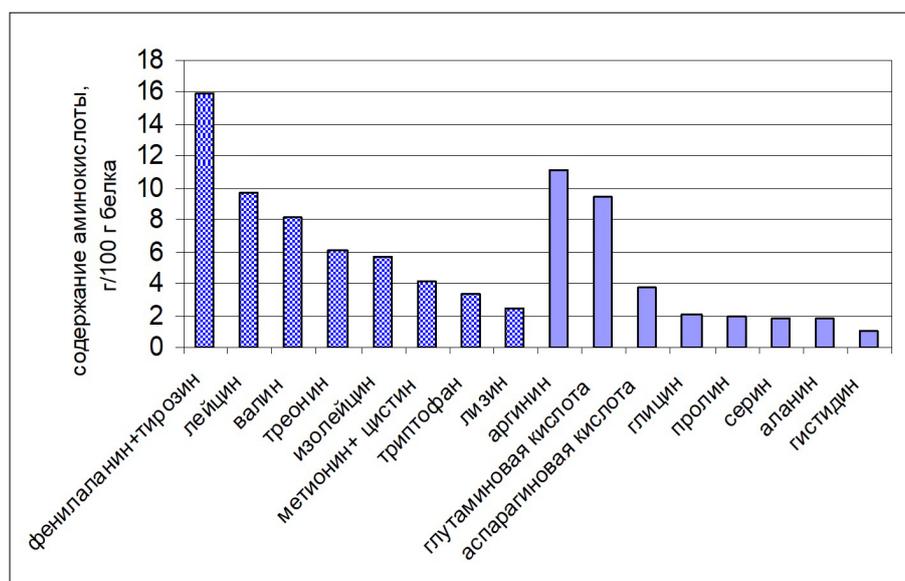


Рисунок 3. Аминокислотный профиль протеинов семян льна:  - незаменимые аминокислоты;  - заменимые аминокислоты

нимых аминокислот в белковом комплексе семян льна. Для протеинов семян льна характерен высокий уровень ароматических аминокислот – фенилаланина и тирозина, которые обеспечивают функции щитовидной железы и способствуют улучшению деятельности центральной нервной системы. Соотношение лизин/аргинин для семян льна значительно ниже (0,22 – 0,25), чем для сои (0,88), что свидетельствует о меньшей атерогенности льняного белка по сравнению с соевым. Низкий показатель говорит о положительном влиянии на состояние сердечно-сосудистой системы (Kaushik, 2016; Marambe, 2008).

По растворимости белки семян льна аналогично белкам масличных культур, делятся на три фракции, извлекаемые водой (альбумины), солевыми (глобулины) и щелочными (глутелины) растворами^{9,10}. Большая часть белковых веществ семян льна приходится на долю водорастворимой фракции, их содержание может превышать 50%. На рисунке 4 представлено соотношение белковых фракций для семян льна-долгунца (сорт Алексим, урожай 2006 г) (Цыганова, 2010).

Различия в соотношении белковых фракций связаны с сортовыми особенностями, условиями выращивания и обработки семян (Нечаев, 2003)¹¹.

Биологическая активность пептидов из семян льна обуславливает уменьшение риска сердечно-сосу-

дистых болезней (Udenigwe, 2010).

В семенах льна присутствуют олеозины – липофильные белки, ассоциированные с липидами с молекулярной массой 16-24 kDa и составляющие не более 7% общего содержания протеинов (Tzen, 1993; Thompson, 2003), а также Cd-связанные белки (~ 7%) с небольшой молекулярной массой 1,6 kDa (Lei, 2003).

Льняные белки имеют более низкую растворимость, но лучшую термическую стабильность по сравнению с другими белками из масличных семян. Температура денатурации льняного белка выше 100°C, что выше этого показателя для соевого и конопляного (Kaushik, 2016).

Функциональные свойства льняного белка, такие как связывание воды, абсорбция масла, эмульгирующая способность сравнимы с аналогичными свойствами широко используемого соевого белка (Kaushik, 2016)¹². Эти функциональные свойства улучшаются в присутствии полисахаридов слизи семян льна, что можно объяснить синергетическим взаимодействием льняных белков и полисахаридов (Kuhn, 2014; Wang, 2010).

Пищевые волокна семян льна. Семена льна известны, не только как, источник полиненасыщенных жирных кислот, полноценного белка, но и некрахмальных полисахаридов, сосредоточенных

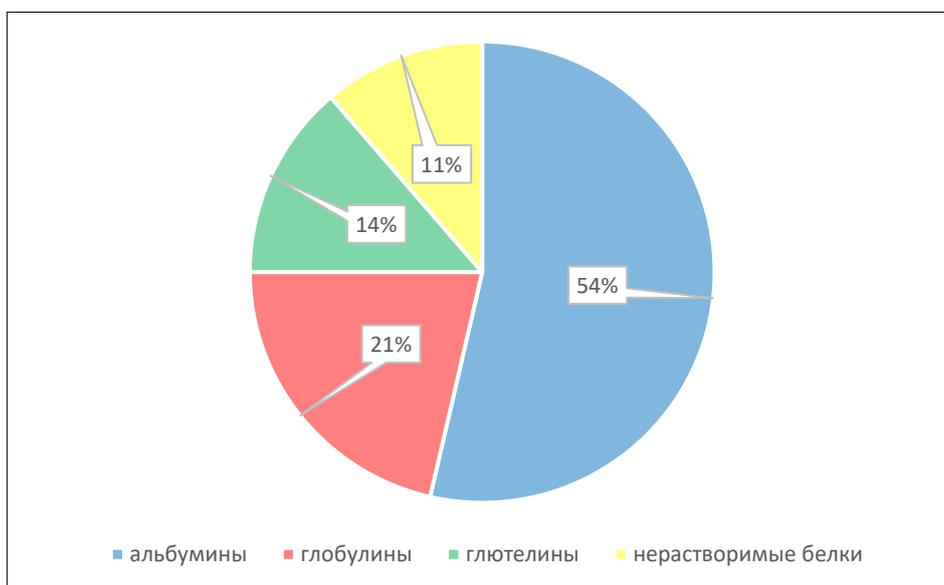


Рисунок 4. Соотношение белковых фракций в семенах льна

⁹ Щербаков, В. Г., & Лобанов В. Г. (2003). *Биохимия и товароведение масличного сырья*. Учебник для вузов – 5-е издательство переработанное и дополнение М.: КолосС.

¹⁰ Нечаев, А.П. (Ред.) (2003). *Пищевая химия*. ГИОРД, 640с.

¹¹ Там же

¹² US Patent 5925401 МКИ А23J 1/14 1/00, July 20, 1999. Flax preparation, its use and production /Kankaanpaa-Anttila et al.

в их слизевых клетках. Некрахмальные полисахариды (non-starch polysaccharides) представляют собой группу веществ, называемых плохо перевариваемыми углеводами (low-digestible carbohydrates) или пищевыми волокнами (dietary fiber) (Englyst, 2007).

Пищевые волокна относят к особо значимым физиологически функциональным ингредиентам, для которых определены уровни суточного потребления¹⁵, и к пищевым добавкам, обладающим широким спектром функционально-технологических свойств. В группу пищевых волокон входят в основном растительные полисахариды, которые существенно влияют на процессы переваривания, усвоения, микробиоциноз и эвакуацию пищи.

Растворимые пищевые волокна семян льна представлены полисахаридами слизей, которые относятся к пищевым добавкам типа гидроколлоидов

(Миневич, 2017). Их роль в метаболизме пищевых веществ аналогична растительным пищевым волокнам, выделенным из других культур.

Полисахариды льняной слизи легко растворяются в холодной воде, образуют вязкие растворы при небольших концентрациях (1-3%). Согласно современным представлениям они представляют собой смесь высокомолекулярных полисахаридов (Warrand, 2005).

Качественный и количественный состав полисахаридов слизей, а также соотношение их фракций: нейтральной и кислой зависят от сортовых особенностей и климатических условий (Ущатовский, 2015; Qian, 2014; Warrand, 2003). В состав моноз полисахаридов льняных слизей входят ксилоза, глюкоза, галактоза, рамноза, фукоза и галактуроновая кислота. На диаграмме (см. рисунок 5) представлено общее содержание моноз полисахаридов и

¹⁵ Акопова, Н.Е., Емельянова, Е. В., Кучурова, Л.С. (Ред.) (2009). *Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации.* Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

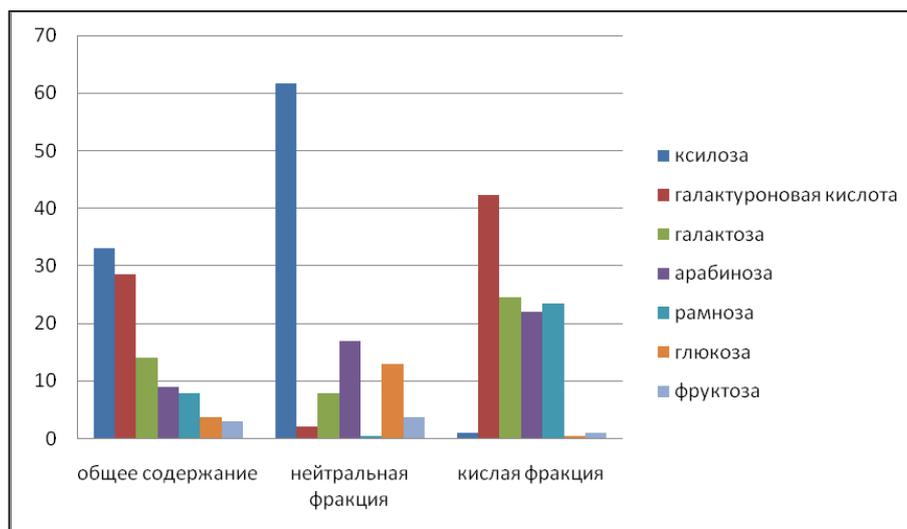


Рисунок 5. Состав полисахаридов слизи семян льна, в % (диаграмма составлена Миневич (Миневич, 2017) по данным источника (Warrand, 2003))

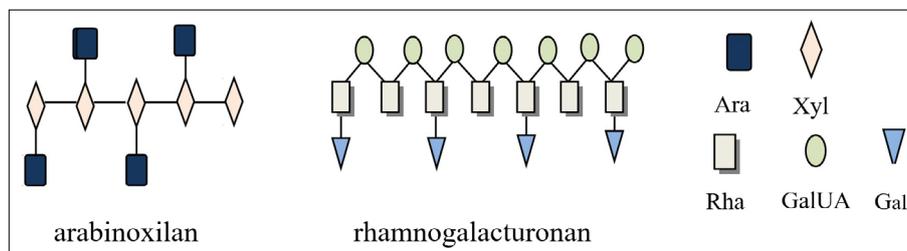


Рисунок 6. Структура нейтральной и кислой фракций полисахаридов льняных слизей, содержащих следующие монозы: Ara – L-арабиноза, Xyl – D-ксилоза, Rha – L-рамноза, GalUA – галактуроновая кислота, Gal – D-галактоза

фракций: нейтральной и кислой.

Методами различных видов гидролиза авторами (Emaga, 2012; Alix, 2008) были определены структуры основных полисахаридов этих фракций, представленные на рисунке 6.

Нейтральные полисахариды или арабиноксиланы состоят из остатков ксилана, соединенных $\beta(1\rightarrow4)$ связями в основной цепи, и в основном L-арабинозы в боковых цепях. Кислая фракция содержит L-рамнозу, D-галактозу, D-галактуроновою кислоту. Опорными скелетными полисахаридами кислой фракции считаются полисахарид из остатков рамнозы, соединенных в положении $\alpha(1\rightarrow2)$, и полисахарид из остатков галактуроновою кислоты. Боковые цепи образованы большей частью галактозой.

Большое значение для функциональных свойств полисахаридов семян льна, использующихся в качестве гидроколлоидов, имеет содержание в них протеина (Миневич, 2018). В зависимости от условий выделения количество белка может варьироваться в интервале 5–60% (Singer, 2011).

Другую часть углеводов льняного семени составляет нерастворимая фракция клетчатки, которая представлена целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином (рисунок 1); их роль аналогична действию пищевых растительных волокон (Sakagami, 1991). Полисахариды слизи снижают риск развития диабета, коронарно-сосудистых заболеваний. Клетчатка льняного семени является одним из факторов, способствующих уменьшению ожирения (Oomah, 1998).

Лигнаны семян льна. Льняное семя является одним из богатейших источников лигнанов, относящихся к классу фитоэстрогенов. Это вещества растительного происхождения, которые проявляют эстрогеноподобную активность в организме человека (Ason, 1990; Sakagami, 1991). В семенах льна преобладают лигнаны: ларицирезинол, матейрезинол, пинорезинол и секоизоларицирезинол (СИР). Семена льна содержат в 75–800 раз больше лигнанов по сравнению с злаковыми культурами (Kajla, 2015).

Основной лигнан льняного семени – дигликозид секоизоларицирезинола (СДГ) в организме человека под действием микрофлоры кишечника метаболирует в энтеролактон и энтеродиол (Johnsson, 2000). В многочисленных эпидемиологических исследованиях показано, что лигнаны льняного семени снижают риск развития гормонально-зависимых опухолей или замедляют их рост, проявляют заметную антиоксидантную активность (Suzuki,

2008; Korkina, 2011; Demark-Wahnefried, 2008; Mukker, 2010; Imran, 2015; Adolphe, 2010).

Наряду с лигнанами из обезжиренных семян льна выделены фенолокислоты: кумариновая и феруловая, обладающие высокой биологической активностью; обнаружены гликозиды п-кумариновой кислоты, феруловой и кофеиновой кислот (Толкачев, 2000). Все эти соединения: СДГ, гликозиды фенолокислот известны более 40 лет и могли бы найти широкое применение в качестве ценных ингредиентов и препаратов в пищевой и фармацевтической промышленности. Однако до настоящего времени не осуществлены промышленные технологии по их производству.

Антипитательные вещества семян льна. Льняное семя, наряду с ценными биологически активными веществами, также содержит соединения, которые могут влиять на процессы усвоения пищевых продуктов и образование нежелательных веществ. К этим соединениям относятся цианогенные гликозиды, линатин, фитиновая кислота, некоторые продукты окисления липидов. Из цианогенных гликозидов в семенах льна присутствуют линамарин, линустатин, неолинустатин. Общее содержание цианогенных гликозидов в семенах льна варьирует в пределах 2,5–5,5 мг/г. При этом в отечественных сортах преобладает линамарин: его обнаружено более 23%, линустатина – 4,6%, неолинустатина – 4,9%, а в сортах зарубежной селекции, в основном канадских преобладает линустатин (Куцик, 2006; Ganorkar, 2013; Russo, 2014). В настоящее время установлено, что семена льна содержат цианогенные гликозиды на безопасном для человеческого организма уровне, который не оказывает отрицательного воздействия на здоровье человека (Рудницкая, 2012; Цыганова, 2017; Толкачев, 2000).

Линатин – высокомолекулярное соединение, являющееся в фармакологическом аспекте антагонистом витамина B_6 , то есть ингибирует усвоение пиридоксина (витамина B_6). Однако, в исследовательской практике не найдено влияния потребления продуктов и кормов с использованием льняного сырья на снижение витамина B_6 , как у человека, так и у животных (Shim, 2014).

Фитиновая кислота оказывает на организм человека два противоположных эффекта. Она проявляет антиоксидантный, противоопухолевый, гипохолестерольный и гиполипидемический эффекты (Oomah, 1996). У человека и многих животных отсутствует пищеварительный фермент фитаза, поэтому входящие в состав фитина фосфаты и инзитол организмом не усваиваются (Bhattu, 1990).

Фитиновая кислота связывает белок и некоторые макро- и микроэлементы (K, Mg, Zn, Fe, Cu), что снижает их биодоступность. Значительная вариативность содержания фитиновой кислоты в семенах льна (22,8-32,5 мкг/г) свидетельствует о ее безопасном количестве (Ganorkar, 2013).

По составу витаминов и минералов семена льна близки к зерновым культурам (Goyal, 2014). Они выделяются по содержанию фосфора (650 мг/100г), магния (350-431 мг/100г), кальция (236-250 мг/100г) и, особенно, калия (560-9200 мг/кг) (Morris, 2007).

Приведенные данные о компонентном составе семян льна характеризуют их как полифункциональный продукт, использование которого необходимо для поддержания здоровья современного человека и являются основанием для их широкого использования при разработке функциональных продуктов питания.

Практическое использование семян льна и про-

дуктов их переработки. Семена льна можно использовать в целом, измельченном виде, в виде муки для создания различных видов продуктов. Помимо муки и масла перспективными функциональными ингредиентами являются белковые и полисахаридные продукты переработки семян льна (Миневич, 2017, 2019; Цыганова, 2019).

Разнообразные виды продуктов с использованием льняных ингредиентов представлены в таблицах 3-5. Особенно широко используются льняные ингредиенты в виде семян льна, льняной муки в рецептурах хлебобулочных (ХБИ) и мучных кондитерских изделий (МКИ) (таблица 3). Введение этих компонентов способствует повышению пищевой и биологической ценности изделий, их органолептических свойств. При этом содержание семян льна и льняной муки в рецептурах варьируется в широком интервале; оптимальным считается содержание 10-20% (Ahmed, 2010; Menten, 2008; Цыганова, 2019). При использовании льняной муки, в частности, в рецептурах маффинов некоторые

Таблица 3
Семена льна и продукты их переработки в мучных изделиях

Вид льняного ингредиента	Название изделия	Количество ингредиента, %	Источник
Измельченные семена льна	Хлеб	23	Aliani, 2012
	Дрожжевой хлеб	15-25	Menten, 2008
	Маффины	7,3-15,5	Ramcharitar 2005
Льняное масло	Бисквит	5-50	Hassan, 2012; Rangrey, 2014
	Хлеб	5-15 5-30	Alpaslan, 2006; Conforti, 2009; Lipilina, 2009; Khattab, 2012;
Льняная мука	Бисквит	5-40	Rathi, 2012; Patil, 2013;
	Печенье	1-18	Khouryieh, 2012;
	Кексы	5-45	Bashir, 2006; Moraes, 2010; Пат. РФ 2683636, 2019 ¹⁵ .
	Маффины	2-15	Shearer, 2005; Миневич, 2018а; Цыганова, 2019.
Обжаренная льняная мука	Хлеб	5-15	Marpalle, 2014;
	Сдобный хлеб	10-20	Ahmed, 2010;
	Пицца	10-20	Ahmed, 2010;
	Печенье	5-30	Rajiv, 2015; Ganokar, 2015;
Полисахаридный экстракт (настой)	Маффины	10-40	Sudha, 2010
	Китайский хлеб на пару	1	Naо, 2012;
Сухой полисахаридный экстракт	Хлеб	10	Бойцова, 2015
	Маффины	0,1	Миневич, 2019; Цыганова, 2019

¹⁵ Патент Российской Федерации 2683636 Заявление № 2018107856 от 02.03.2018. Опубликовано 29.03.2019. Бюллетень №10. Кекс. Миневич И.Э., Осипова Л.Л., Зубцов В.А., Левкина Г.И.

авторы исключили яичные продукты, что не повлияло на органолептические свойства продукта (Миневич, 2018а). Продукты переработки семян льна - сухие полисахаридные экстракты в качестве технологической добавки играют роль структурообразователя и водоудерживающего агента, их оптимальное содержание – 0,1%, аналогично широко используемым для этой цели гидроколлоидам: гуар, камедь рожкового дерева (Миневич, 2017, 2019). По оценке авторов (Ahmed, 2010) при введении семян льна в хлеб увеличивается содержание белка на 15%.

Молоко и молочные продукты являются оптимальной средой для биологически активных веществ. С целью повышения функциональности молочных продуктов использовали льняное масло и концентрат лигнанов из семян льна (Goyal, 2016; Goh, 2006; Hyvarinen, 2006). Льняные ингредиенты вводили в рецептуру мороженого, сыра, йогурта, сывороточных продуктов, масла (таблица 4). Включение до 12% льняного масла при получении мороженого не изменяло структурных и вкусовых характеристик (Goh, 2006). Биологически активная

добавка лигнана (СДГ) из семян льна, добавленная в молоко при получении различных молочных продуктов: сыра, йогурта, была стабильна в условиях ферментации и высокотемпературной пастеризации (Hyvarinen, 2006).

Льняные семена обладают уникальным приятным ореховым вкусом и запахом, которые дополняют сенсорные свойства продуктов. Масло с добавкой семян льна в виде суспензии имело чистый сливочный вкус, запах добавленных семян и хорошую пластичность (Ivanov, 2011).

Популярные в настоящее время экструзионные продукты также часто обогащаются функциональными ингредиентами, в том числе семенами льна и льняной мукой (таблица 5). Экструзия – идеальный технологический процесс для обогащения продуктов белками, пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами и другими добавками, что позволяет создавать продукты с регулируемой пищевой, биологической и энергетической ценностью. Для формирования композитных смесей используют различные группы пищевых продуктов:

Таблица 4

Молочные продукты с различным содержанием льняных ингредиентов

Вид льняного ингредиента	Название продукта	Количество ингредиента	Способ получения продукта	Источник
Льняное масло	Индийский йогурт	1-3%	Ферментация	Goyal, 2016
	Мороженное	3-12%	Замораживание	Goh, 2006
Концентрат лигнанов	Сыр	1г/10л	Пастеризация и ферментация	Hyvarinen, 2006
	Йогурт	100 мг	Ферментация	
	Молоко	1%	Тепловая обработка	
	Сывороточные напитки	10мг/100мл	Пастеризация	
Льняная суспензия	Масло	0,8-1,6%	Суспензирование	Ivanov, 2011

Таблица 5

Различные виды продуктов, обогащенных семенами льна и льняной мукой

Продукт	Ингредиент	Количество ингредиента, %	Источник
Экструзионные продукты:			
Сухие завтраки	Льняная мука	10-12	Bhise, 2014; Осипова, 2016.
Макаронные изделия	Льняная мука, измельченные семена льна	5-20	Lee, 2004; Manthey, 2008; Sinha, 2008.
Снэки	Льняная мука	1-20	Trevisan, 2011; Mesquita, 2013; Vadukapuram, 2014.
Пасты, соусы	Льняная мука	3-6	Пат. 2524076 ¹⁴ ; Миневич, 2015; Ahmed, 2010
	Обжаренные измельченные семена льна	25	
Колбасные изделия	Льняное масло	3,3	Ansorena, 2004
Чипсы	Льняная мука	10-20	Yuksel, 2014
Флаксы	Семена льна	100	Пономарева, 2017

¹⁴ Патент Российской Федерации 2524076 Заявление №2013109883 от 05.03.2013. Опубликовано 27.07.2014. Бюллетень № 21. Соус майонезного типа с льняной мукой «Будь здоров». Миневич И.Э., Осипова Л.Л., Зубцов В.А.

муку различных злаков и круп, овощи и фрукты сублимированной сушки, сухие молочные продукты, вкусоароматические вещества. Добавка в зерновую смесь льняных продуктов (семян, муки) в количестве 12%, как показали авторы (Осипова, 2016) является оптимальной, позволяет повысить биологическую ценность и органолептические свойства изделий.

Снеки с льняной мукой обладали однородной пористой структурой, высокой растворимостью и, соответственно, высокой усвояемостью, сохраняя при этом важное комфортное потребительское свойство – хрусткость при употреблении таких продуктов (Mesquita, 2013). Снеки, приготовленные из кукурузной и льняной муки, показали 7-кратное увеличение содержания пищевых волокон, 2-кратное увеличение содержания протеина и не отличались по своим органолептическим свойствам от производимых в промышленности кукурузных снеков (Trevisan, 2011).

Макаронные изделия с льняной мукой и измельченными семенами льна показали стабильность α -линоленовой кислоты в результате экструзионной обработки. Однако для повышения прочности структуры этого вида изделий авторы рекомендовали использовать льняную муку в смеси с манной крупой из твердых сортов пшеницы – семолиной (Manthey, 2008; Sinha, 2008).

Использование льняной муки в качестве эмульгатора при производстве соусов позволяет обеспечить требуемую вязкость продукта, хорошую

консистенцию, отличную стойкость эмульсии, устойчивость продукта при хранении, экономичность технологического процесса, приготовление продуктов любой жирности (Миневич, 2015).

Определенное повышение пищевой ценности сырокопченых колбас было достигнуто путем замены части (25%) свиного жира на льняное масло (Ansorena, 2004). При этом соотношение полиненасыщенных жирных кислот ω -6: ω -3, как определили эти авторы, удалось снизить с 14,1 до 1,7-2,1.

В работе (Yuksel, 2014) получали пшеничные чипсы с добавлением льняной муки. Такие чипсы характеризовались повышенным содержанием белка и полиненасыщенных жирных кислот класса ω -3. Наилучшие органолептическими свойствами обладали чипсы с содержанием льняной муки 10%.

Удовлетворительные результаты при использовании семян льна и льняной муки в пищевых технологиях можно объяснить функционально-технологическими свойствами их ингредиентов: некрахмальных полисахаридов слизи и протеинов (см. Таблица 6).

Функциональные свойства льняного белка, такие как связывание воды, абсорбция масла, эмульгирующая способность сравнимы с аналогичными свойствами широко используемого соевого белка (Kaushik, 2016).

Для полисахаридов семян льна характерна высокая водоудерживающая способность, которая срав-

Таблица 6

Функциональные ингредиенты семян льна: полисахариды слизи и протеины, в пищевых продуктах

Функциональный ингредиент	Использование/свойства	Источник
Полисахариды слизи	Эмульгатор и стабилизатор для соусов, колбас, мясных эмульсий, салатных заправок	Stewart, 2000; Eyres, 2015
	Влагоудерживающий агент	Lipilina, 2009
	Структурообразователь	Kishk, 2011
	Функциональный пищевой ингредиент (взаимодействие с полисахаридами с протеинами регулирует уровень глюкозы в крови)	Singer, 2011
Протеины	Стабилизатор, эмульгатор для мороженого, соусов, мясных эмульсий	Martinez-Flores, 2006
	Противогрибковое действие	Hu, 2008
	Обеспечение вязкоупругой текстуры экструдированных макаронных изделий, сухих завтраков и снеков	Wu, 2010
	Повышение пищевой ценности безглютеновых продуктов	Gambus, 2009
	Заменитель яиц и желатина в хлебобулочных изделиях и мороженом	Shearer, 2005
	Функциональный пищевой ингредиент	Moller, 2008

нима с аналогичным показателем гуаровой камеди (Singer, 2011; Sun, 2011).

Авторы (Barbary, 2009), на основе изучения таких свойств полисахаридов слизи семян льна, как растворимость, пеноустойчивость, вязкость, считают, что их можно использовать в качестве аналога гуа-миарабика в пищевых технологиях.

Высокие технологические свойства льняной муки можно объяснить синергетическим взаимодействием льняных белков и полисахаридов (Kuhn 2014, Wang 2010). Льняная мука улучшает стабильность пены и водопоглотительную способность продуктов; введение обжаренной льняной муки до 16 % не ухудшало органолептические свойства ХБИ, в частности индийского хлеба (Indian bread) (Hussain, 2008).

Заключение

Анализ научных источников показал, что семена льна и продукты их переработки являются источником биологически активных веществ и функциональных ингредиентов. Следует отметить, что большая часть публикаций посвящена биологическим и клиническим исследованиям ω -линоленовой кислоты и лигнанов семян льна. Их эссенциальные функциональные ингредиенты (полисахариды слизи, протеины) стали привлекать большое внимание исследователей и практиков в связи с ростом мирового рынка продуктов здорового питания и популяризации здорового образа жизни.

В России в промышленных масштабах получают только льняное масло и льняную муку. У нас не осуществлены технологии глубокой переработки семян льна, которые позволяют получать целый ряд функциональных ингредиентов (белки, пищевые волокна, лигнаны, фенолокислоты) и их использовать для расширения ассортимента продуктов здорового питания, биологически активных добавок и фармпрепаратов.

Использование семян льна в качестве функционального продукта поддерживается на правительственном уровне разных стран. Так, в 2004 году Управление по контролю за продуктами и лекарствами США рекомендовало декларировать содержание ω -3 жирных кислот, в том числе ω -линоленовой кислоты, на этикетках пищевых продуктов

(Morris, 2007). Это позволило потребителям регулировать потребление ω -3 жирных кислот путем выбора продуктов, включая семена льна и продукты с их использованием. В 2005 году в «Руководстве по питанию» (Dietary guidelines for Americans)¹⁴ семена льна были названы растительным источником ω -3 жирных кислот. В нашей стране в 2005 году в ГОСТе Р 52349 полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна наряду с другими биологически активными веществами были отнесены к физиологически функциональным пищевым ингредиентам.¹⁵ Соответствие семян льна требованиям как функциональному продукту по содержанию физиологически функциональных пищевых ингредиентов было обосновано, в частности, в работе (Цыганова, 2010).

В настоящее время семена льна считаются функциональным пищевым продуктом, функциональные ингредиенты которого оказывают доказанное физиологическое действие на организм человека. Функционально-технологические свойства пищевых ингредиентов семян льна позволяют улучшить технологические и органолептические свойства пищевых продуктов, а также повысить их пищевую ценность.

Множество научных исследований семян льна являются обоснованным подтверждением необходимости широкого внедрения этой многофункциональной культуры в пищевые технологии 21 века.

Литература

- Бойцова, Т. М., Назарова, О. М. (2015). Настой семян льна в технологии производства ржано-пшеничного хлеба. *Хлебопечение России*, 3, 24-26.
- Кулакова, С. Н., Байков, В. Г., Бессонов В. В., Нечаев А. П., & Тарасова, В. В. (2009). Особенности растительных масел и их роль в питании. *Масложировая промышленность*, 3, 16-20.
- Куцук, Р. В., & Зузук, Б. М. (2006). Лен культурный. Аналитический обзор. *Провизор*, 1, 1-3.
- Миневич, И. Э., Осипова, Л. Л., Нечипоренко, А. П., Смирнова, Е. И., & Мельникова, М. И. (2018с). Особенности процесса экстракции полисахаридов слизи из семян льна. *Научный журнал Национальный Исследовательский Университет Информационных Технологий Механики и Оптики. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 2(36), 3-11. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2018-11-2-3-11>

¹⁴ U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Department of Agriculture (2005). Dietary guidelines for Americans 2005. <http://www.healthierus.gov/dietaryguidelines>

¹⁵ ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые функциональные. Термины и определения(2006). Стандартинформ.

- Миневич, И. Э., & Осипова, Л. Л. (2017). Гидроколлоиды семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях. *Научный журнал Национальный Исследовательский Университет Информационных Технологий Механики и Оптики. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*, 3, 16-25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Миневич, И. Э., & Осипова, Л. Л. (2018a). Разработка рецептур и оценка качества мучных кондитерских изделий «Льняной маффин». *Хлебопродукты*, 4, 56-58.
- Миневич, И. Э., & Осипова, Л. Л. (2018b). Функциональные свойства льняных белок-полисахаридных продуктов. *Хлебопродукты*, 6, 38-39.
- Миневич, И. Э., Осипова, Л. Л., & Цыганова, Т. Б. (2019). Гидроколлоиды семян льна в технологии безглютеновых маффинов. *Хлебопродукты*, 1, 56-58. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-1-56-58>
- Миневич, И. Э., Осипова, Л. Л., & Зубцов, В. А. (2015). Оценка соусов с льняной мукой профильным методом сенсорного анализа. В *Сельскохозяйственные машины* (с. 76-80).
- Минкевич, И. А. (1957). *Лен масличный*. Сельхозгиз.
- Новиков, Э. В., Басова, Н. В., Ущাপовский, И. В., & Безбабченко, А. В. (2017). Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна. *Молочнохозяйственный вестник*, 3, 187-203.
- Новоселов, В. С. (1996). *Тайны льна и поиски науки. Кн. 1. В глубь тысячелетий*. ВНИИЛ.
- Осипова, Л. Л., Миневич, И. Э., & Зубцов, В. А. (2016). Новые рецептуры продуктов функционального назначения с использованием семян льна и льняной муки. В *Социально-экономические и экологические аспекты развития регионов и муниципальных образований: проблемы и пути их решения* (с. 253-258).
- Пономарева, Е. И., Лукина, С. И., Одинцова, А. В., & Кобзева, А. О. (2017). Определение рациональных параметров приготовления флаксов. *Хлебопродукты*, 5, 39-41.
- Прянишников, Д. Н. (1921). *Растения полевой культуры*. Госиздат.
- Рудницкая, Ю. И., & Березовикова, И. П. (2012). Безопасность использования льняной муки в технологиях кулинарной продукции. *Техника и технология пищевых производств*, 1(24), 59А-63.
- Танфильев, Г. (1923). *Очерк географии и истории главнейших культурных растений*. Госиздат Украины.
- Толкачев, О. Н., & Жученко мл., А. А. (2000). Биологически активные вещества льна: использование в медицине и питании (обзор). *Химико-фармацевтический журнал*, 34(7), 23-30.
- Ущাপовский, И. В., Ожимкова, Е. В., Сульман, Э. М., Мартиросова, Е. И., & Пластина, И. Г. (2015). Генетическое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) по гликанно-протеиновому составу слизи семян. *Российская сельскохозяйственная наука*, 4, 14-17.
- Федосова, Г. А. (2005). Лен-долгунец в России. *Ботаника*, 16.
- Федосова, Н. М., Вихарев, С. М., & Соколов, А. С. (2013). *Совершенствование методов оценки технологического качества льна и приемов его переработки: монография*. Издательство Костромского государственного технологического университета.
- Христьян, С. А. (2017). Эффективность выращивания льна масличного в современных условиях. *Молодой ученый*, 1, 281-284.
- Цыганова, Т. Б., Миневич, И. Э., Зубцов, В. А., & Осипова, Л. Л. (2010). *Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки*. Издательство Эйдос.
- Цыганова, Т. Б., Миневич, И. Э., & Осипова, Л. Л. (2019). Полисахариды семян льна: практическое применение. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 24-36. <https://doi.org/10.36107/spfr.2019.151>
- Цыганова, Т. Б., Миневич, И. Э., Осипова, Л. Л., Зубцов, В. А., & Смирнова, Е. И. (2017). К вопросу о пищевой безопасности семян льна и продуктов их переработки. *Хлебопечение России*, 2, 23-26.
- Adolphe, J. L., Whiting, S., & Junlink, B. H. (2010). Health effects with consumption of the flax lignin secoisolariciresinol diglucoside. *British Journal of Nutrition*, 103, 929-938.
- Ahmed, M. G., Header, E. A., El-Sherif, F. A., El-Dashlouty, M. S., & El-Brollose, S. A. (2010). Sensory, chemical and biological evaluation of some products fortified by whole flaxseed. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 88, 257-271.
- Aliani, M., Ryland, D., & Pierce, G. N. (2012). Effect of flax addition on the flavor profile and acceptability of bagels. *Journal of Food Science*, 77(1), S62-S70. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02509.x>
- Alix, S., Marais, S., Morwan, C., & Lebrun, L. (2008). Biocomposite materials from flax plants: preparation and properties. *Composites Part A*, 39, 1793-1801.
- Alpaslan, M., & Hayta, M. (2006). The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *Journal of Food Quality*, 29, 617-627.
- Amin, T., & Thakur, M. (2014). *Linum usitatissimum* L. (Flaxseed)—A Multifarious Functional Food. *Online International Interdisciplinary Research Journal, {Bi-Monthly}*, IV(I), 220-238.

- Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2004). The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, 87, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.019>
- Anwar, F., Zreen, Z., Sultana, B., & Jamil, A. (2013). Enzyme-aided cold pressing of flaxseed (*Linum usitatissimum* Linseed.): enhancement in yield, quality and phenolics of the oil. *Grasas y Aceites*, 64(5), 463–471. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.132212>
- Ason, P. J. C., Ayres, D. C., & Baxter, H. (1990). *Chemistry and Pharmacology of Natural Products*. Cambridge University Press.
- Barbary, O. M., Al-Sohaimy, S. A., El-Saadani, M. A. (2009). Extraction, Composition and Physicochemical Properties of Flaxseed Mucilage. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 14(3), 605–621.
- Bashir, S. Masud, T., & Latif, A. (2006). Effect of flaxseed (*Linum usitatissimum*) on the baking properties of cakes and cookies. *International Journal of Agricultural Research* 1, 496–502. <http://dx.doi.org/10.3923/ijar.2006.496.502>.
- Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014). Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food sciences*, 2(8), 1045.
- Bhatty, R. S., & Cherdkiatgumchai, P. (1990). Compositional analysis of laboratory-prepared and commercial samples of linseed meal and of hull isolated from flax. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57, 79–84.
- Bhise, S., Kaur, A., & Aggarwal, P. (2014). Development of protein enriched noodles using texturized defatted meal from sunflower, flaxseed and soybean. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5882–5889. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1630-1>
- Chen, J. K., Bruce, V. M., & McDonald, B. E. (1991). Dietary α -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 1230–1234.
- Conforti, F. D., & Cachaper, K. F. (2009). Effects of selected antioxidants on physical and sensory characteristics of yeast bread containing flaxseed meal. *International Journal of Consumer Study*, 33, 89–93. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1470-6431.2008.00729.x>
- Coonor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 197–201.
- De Lorgeril, M., Salen, P., Laporte, F., & de Leiris, J. (2001). Alpha-linolenic acid in the prevention and treatment of coronary heart disease. *European Heart Journal Supplements*, 3, 26–32.
- Demark-Wahnefried, W., Polascik, T. J., & George, S. L. (2008). Flaxseed supplementation (not dietary fat restriction) reduces prostate cancer proliferation rates in men presurgery. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 17(12), 3577–3587.
- Emaga, T. H., Rabetafika, N., & Blecker, C. S. (2012). Kinetics of the hydrolysis of polysaccharide galacturonic acid and neutral sugars chains from flaxseed mucilage. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 16(2), 139–147.
- Engberg, R. M., Jakobsen, K., & Hartfill, W. (1993). The biological activity of natural source tocopherols in pigs fed on a linoleic acid rich die. *Fat Science Technology*, 95, 537–542.
- Englyst, K. N., Liu S., & Englyst H. N. (2007). Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61 (Supp. L) 1. P. 19–39.
- Eyres, L. (2015). Flaxseed fibre - a functional superfood. *Food Standards Australia New Zealand*, 15(5), 24.
- Gambus H., Gambus F., & Pastuszka D., (2009). Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 31–50.
- Ganorkar, P. M., & Jain, R. K. (2013). Flaxseed – a nutritional punch. Mini Review. *International Food Research Journal*, 20(2), 519–525.
- Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., & Kris-Etherton, P.M. (2006). n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 1526S–1535S.
- Gogus, U., & Smith, C. (2010). n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science and Technology* 45. 417–436.
- Goh, K. K. T., Ye, A., & Dale, N. (2006). Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. *International Journal of Food Science and Technology* 41, 946–953.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633–1653. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Guimaraes, R. D. C. A., Macedo, M. L. R., Munhoz, C. L., Filiu, W., Viana, L. H., Nozaki, V. T., & Hiane, P. A. (2013). Sesame and flaxseed oil: nutritional quality and effects on serum lipids and glucose in rats. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33(1), 209–217. <http://dx.doi.org/10.1590/SO101-20612013005000029>
- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., & Ranveer R. C. (2015). Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 31(1), 42–51.
- Hao, M., & Beta, T. (2012). Development of Chinese

- steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts. *Food Chemistry*, 133, 1320–1325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Hassan, A. A., Rasmy, N. M., Foda, M.I., & Bahgaat, W. K. (2012). Production of functional biscuits for lowering blood lipids. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 7, 01–20.
- Hu, Y., Hall, C., & Wolf-Hall, C. (2008). Antifungal activity stability of flaxseed protein extract using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 73 (1), M9–14.
- Hurteau, M. C. (2004). Unique new food products contain good omega fats. *Journal of Food Science Education*, 3(4), 52–53.
- Hussain, S., Anjum, F. M., Butt, M. S., & Sheikh, M. A. (2008). Chemical composition and functional properties of flaxseed (*Linum usitatissimum*) flour. *Sarhad Journal of Agriculture*, 24(4), 649–653.
- Hyvarinen, H. K., Pihlava, J.-M., & Hiidenhovi, J. A. (2006). Effect of processing and storage on the stability of flaxseed lignan added to dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8788–8792. <http://dx.doi.org/10.1021/jf061285n>.
- Imran, M., Ahmad, N., & Anjum, F. M. (2015). Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *Nutrition Journal*, 14, 71–79.
- Ivanov, S., Rashevskaya, T., & Makhonina, M. (2011). Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Science*, 1, 275–280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.043>.
- Johnsson, A., Kamal-Eldin, A., Lundoren, L. N., & Aman, P. (2000). HPLC method for analysis of secoisolariciresinol diolucoside in flaxseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5216–5219.
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2015). Flaxseed—A potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1857–1871.
- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C., Wang, B., & Adhikari, B. (2016). Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food Chemistry*, 197, 212–220.
- Khatab, R., Zeitoun, M., & Barbary, O. M. (2012). Evaluation of pita bread fortified with defatted flaxseed flour. *Current Nutrition and Food Science*, 8, 91–101. <http://dx.doi.org/10.2174/157340112800840790>
- Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2012). Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 2366–2372. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5642>
- Kishk, Y. M. K., Elsheshetawy, H. E., & Mahmoud, E. A. (2011). Influence of isolated flaxseed mucilage as a non-starch polysaccharide on noodle quality. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46, 661–668.
- Kolotov, A. P. (2015). Economic efficiency of cultivation of oil flax in the middle Urals. *APK Rossii. [Agrarian and industrial complex of Russia]*, 72(2), 135–140.
- Korkina, L., Kostyu, K. V., Luca, C., & Pastore, S. (2011). Plant phenolylpropanoids as emerging anti-inflammatory agents. Mini-Review. *Journal of Medicinal Chemistry*, 11, 823–835.
- Kuhn, K. R., Netto, F. M., & Cunha, R. L. D. (2014). Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier combined with whey protein isolate. *Food Research International*, 58, 89–97.
- Lee, R. E., Manthey, F. A., & Iii, C. A. H. (2004). Content and stability of hexane extractable lipid at various steps of producing macaroni containing ground flaxseed. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28, 133–144. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.tb00816.x>
- Lei, B., Li-Chan, E. C. Y., Oomah, B. D., & Mazza, G. (2003). Distribution of cadmium-binding components in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 814–821.
- Lipilina, E., & Ganji, V. (2009). Incorporation of ground flaxseed into bakery products and its effect on sensory and nutritional characteristics— a pilot study. *Journal of Foodservice*, 20, 52–59. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-0159.2008.00124.x>
- Lunn, J., & Theobald, H. E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Food and Nutrition Bulletin*, 31(3), 178–224. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>
- Manthey, F. A., Sinha, S., Wolf-Hall, C. E., & Hall, C. A. (2008). Effect of flaxseed flour and packaging on shelf life of refrigerated pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 75–87. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2007.00166.x>
- Maramde, P. W., Shond, P. J., & Wanasundara, J. P. D. (2008). An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(12), 1155–1164.
- Marpalle, P., Sonawane, S. K., & Arya, S. S. (2014). Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, Food Science and Technology* 58, 614–619.
- Martinez-Flores, H., Barrera, E., Garnica-Romo, M., Penagos, C., Saavedra, J., & Macaradra-Alvarez, R. (2006). Functional characteristics of protein flaxseed concentrated obtained applying a response surface methodology. *Journal of Food Science*, 71, 495–498.
- McCullough, R. S., Edel, A.L., Bassett, C. M. C.,

- LaVallee, R. K., Dibrov, E., Blackwood, D. P., Ander, B. P., & Pierce, G. N. (2011). The alpha linolenic acid content of flaxseed is associated with an induction of adipose leptin expression. *Lipids*, *46*, 1043–1052.
- Mentes, O., Bakkalbassi, E., & Ercan, R. (2008). Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread. *Food Science and Technology International*, *14*, 299–306. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013208097192>
- Mesquita, C. D. B., Leonel, M., & Mischan, M. M. (2013). Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, *33*, 404–410. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612013005000073>
- Moller, N. P., Scholz-Ahrens, K. E., Ross, N., & Schrezenmeir, J. (2008). Bioactive peptides and proteins from foods: indication for health effects. *European Journal of Nutrition*, *47*, 171–182.
- Moraes, É. A., Dantas, M. I. D. S., Morais, D. D. C., Silva, C. O. D., Castro, F. A. F. D., Martino, H. S. D., & Ribeiro, S. M. R. (2010). Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, *30*, 974–979. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400021>
- Morris, D. H. (2007). Flax—a health and nutrition primer, (4th edn.) Available from: <https://flaxcouncil.ca/resources/nutrition/technical-nutrition-information/flax-a-health-and-nutrition-primer/>
- Muir, A., Westcott, N. (Eds). (2003). Flax: The genus *Linum*. Chemical Rubber Company Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9780203437506>
- Mukker, J. K., Kotlyarova, V., Singh, R. S. P., & Alcorn, J. (2010). HPLC method with fluorescence detection for the quantitative determination of flaxseed lignans. *Journal of Chromatography : Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, *878*(30), 3076–3082.
- Oomah, B. D. (2001). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *81*(9), 889–894.
- Oomah, B. D., & Mazza, G. (Ed). (1998). *Flaxseed Products for disease prevention in Functional foods: Biochemical & Processing Aspects*. Chemical Rubber Company Press.
- Oomah, B. D., Kenaschuk, E. O., & Mazza, G. (1996). Phytic acid content of flaxseed as influenced by cultivar, growing season, and location. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *44*, 2663–2666.
- Patil, S. S., Sheety, V. S., Todkar, A. P., & Bodhankar, H. B. (2013). Effect of incorporation of flaxseed flour on the nutritional and sensorial quality of biscuit. *Journal of Food Science Research*, *4*, 20–23.
- Qian K. (2014). *Structure-Function Relationship of Flaxseed Gum from Flaxseed Hulls* [Unpublished doctoral dissertation]. Ontario, Canada.
- Rabetafika, H. N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., & Blecker, C. (2011). Flaxseed proteins: Food uses and health benefits. *International Journal of Food Science & Technology* *46*, 221–228.
- Rajiv, J., Indrani, D., Prabhasankar, P., & Rao, G. V. (2011). Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, *49*, 587–593. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0307-2>
- Ramcharitar, A., Badrie, N., Mattfeldt-Beman, M., Matsuo, H., Ridley, Ch. (2005). Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*, *70*(7), s504-s507. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11499.x>
- Rangrej, V., Shah, V., Patel, J., & Ganorkar, P. M. (2014). Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(6), 3694–3700. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1430-7>
- Rathi, P., & Mogra, R. (2012). Development and sensory evaluation of superior products with flaxseed. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *2*, 12–15.
- Riediger, N. D., Othman, R., Fitz, E., Pierce, G. N., Suh, M., & Moghadasian, M. H. (2009). Low n6:n3 fatty acid ratio, with fish or flaxseed oil, in high fat diet improves plasma lipids and beneficially alters tissue fatty acid composition in mice. *European Journal of Nutrition*, *47*, 153–160.
- Rubilar, M., Gutierrez, C., Verdugo, M., & Shene, C. (2010). Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* *10*(3), 373–377.
- Russo, R., & Reggiani, R. (2014). Variation in the Content of Cyanogenic Glycosides in Flaxseed Meal from Twenty-one Varieties. *Food and Nutrition Sciences*, *5*(5), 1456–1462. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.515159>
- Sahoo, A. K., & Rahul, C. (2015) Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *31*(1), 42–51.
- Sakagami, Ii., Komatsu, N., Simpson, A., Nonoyama, M., Konno, K., Yoshida, T., Kuroiwa, Y., Tanuma, S. (1991). Antinumor, antiviral and immunopotentiating activities of pine cone extracts: Potential medicinal efficacy of natural and synthetic lignin-related materials (review). *Anticancer Research*, *11*, 881–888.
- Shearer, A. E., & Davies, C. G. (2005). Physicochemical properties of freshly baked and stored whole-wheat muffins with and without flaxseed meal.

- Journal of Food Quality*, 28, 137–153. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00004.x>
- Shim, Y. Y., Gui, Bo, Arnison, P. G., Wang, Y., & Reaney, M. J. T. (2014). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(1), 5-20.
- Simopoulos, A. P. (2000), Human requirement for omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 79, 961–970.
- Singer, F. A. W., Taha, F. S., Mohamed, S. S., Gibriel, A., & El-Nawawy, M. (2011). Preparation of Mucilage/Protein Products from Flaxseed. *American Journal of Food Technology*, 6, 260-278. <http://dx.doi.org/10.3923/ajft.2011.260-278>
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 210-222.
- Sinha, S., & Manthey, F. A. (2008). Semolina and hydration level during extrusion affect quality of fresh pasta containing flaxseed flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 546–559. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00195.x>
- Stewart, S., & Mazza, G. (2000). Effect of flaxseed gum on quality and stability of a model salad dressing. *Journal of Food Quality*, 23, 373-390.
- Sudha, M. L., Begum, K., & Ramasarma, P.R. (2010). Nutritional characteristics of linseed/flaxseed (*Linum usitatissimum*) and its application in muffin making. *Journal of Texture Studies*, 41, 563–578. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00242.x>
- Sun, J., Li, X., Xu, X., & Zhou, G. (2011). Influence of Various Levels of Flaxseed Gum Addition on the Water-Holding Capacities of Heat-Induced Porcine Myofibrillar Protein. *Journal of Food Science*, 76(3), 472-478.
- Suzuki, R., Rylander-Rudqvist, T., Sajis, S., Bergkvist, L., Adlercreutz, H., & Wolk, A. (2008). Dietary lignans and postmenopausal breast cancer risk by oestrogen receptor status: a prospective cohort study of Swedish women. *British Journal of Cancer*, 98(3), 636–640.
- Thompson, L. U., & Cunnane, S. C. (2003). *Flaxseed in Human Nutrition*, second edition. American Oil Chemists' Society Press.
- Trevisan, A. J. B., & Arêas, J. A. G. (2011). Development of corn and flaxseed snacks with high-fibre content using response surface methodology (RSM). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 362–367. <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.629179>
- Tzen, J., Cao, Y., Laurent, P., Ratnayake, C., & Huang, A. (1993). Lipids, proteins, and structure of seed oil bodies from diverse species. *Plant Physiology*, 101, 267-276.
- Udenigwe, C. C., & Aluko, R. E. (2010). Antioxidant and angiotensin converting enzyme-inhibitory properties of a flaxseed protein-derived high Fischer ratio peptide mixture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4762–4768. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20218606
- Vadukapuram, N., Hall, C., Tulbek, M., & Niehaus, M. (2014). Physicochemical properties of flaxseed fortified extruded bean snack. *International Journal of Food Science*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/478018>.
- Wang, B., Li, D., Wang, L. J., & Ozkan, N. (2010). Effect of concentrated flaxseed protein on the stability and rheological properties of soybean oil-in-water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 555-561.
- Warrand, J., Michaud, P., Miller, G., Courtois, D., & Ralainirina, R. (2003). Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of new anionic polymer. *Chromatographia*, 58(5-6), 331-335.
- Warrand, J., Michaud, P., Picton, L., & Muller, G. (2005). Structural investigation of neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seed. *International Journal of Biological Macromolecules*, 35(3-4), 121-125.
- Wu, M., Li, D., Wang, L. J., Ozkan, N., & Mao, Z. H. (2010). Rheological properties of extruded dispersions of flaxseed-maize blend. *Journal of Food Engineering*, 98, 480-491.
- Yuksel, F., Karaman, S., & Kayacier, A. (2014). Enrichment of wheat chips with omega-3 fatty acid by flaxseed addition: Textural and some physicochemical properties. *Food Chemistry*, 145, 910–917. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.079>

Functional Significance of Flax Seeds and Practice of Their Use in Food Technologies

Irina E. Minevich

The Federal State Budget Research Institution Federal
Research Center for Bust Fiber Crops
17/56, Komsomolsky ave., Tver, 170041, Russian Federation
E-mail: irina_minevich@mail.ru

Due to the unique properties, flax seeds arouse our interest as a source of biologically active substances necessary for functional nutrition and maintaining active human health. The seeds are rich in essential polyunsaturated fatty acids, dietary fibre, high-grade protein, polypeptides and lignans, which belong to the class of phytoestrogens that support the most important physiological functions of the human body. The data of the practical usage of flax seeds in food technologies that are aimed at creating healthy food products are scattered in the domestic scientific literature. The purpose of this review is to summarise information published in domestic and foreign literature on the analysis of the functional significance of flax seeds and their practical usage in food products. The data prove the promising qualities and the necessity of the widespread introduction of this crop in food technology. Based on the analysis of the functional significance of flax seeds and the processed products, the practical feasibility of their widespread usage in food technology was investigated. The paper gives brief information about the history of flax and the dynamics of flax seed production in Russia. Based on the analysis of scientific sources, the role of biologically active substances and functional ingredients of flax seeds in reducing the risk and preventing a number of diseases (oncological, cardiovascular, etc.) is shown. The information is based on the results of studies on the introduction of flax seeds into a wide range of products. Flax seeds are used mainly in a whole, crushed form or in the form of flour. In addition to flour and oil, upcoming functional food ingredients are protein and polysaccharide that are the byproducts of flax seed processing. It is shown that flax seeds and the products of the stages of processing are used to increase the nutritional value of baked products; they are useful for flour, confectionery, dairy, meat, and other products including extruded ones. The data on the optimal content of flax seeds and their ingredients in food products are presented. It was shown that their organoleptic and physicochemical properties could be improved. A lot of scientific research of flax seeds is a reasonable confirmation of the need for the widespread introduction of this multifunctional crop in food technology of the 21st century.

Keywords: flax, oilseeds, polysaccharides, proteins, dietary fiber, food technology, biologically active substances, functional ingredients

References

- Boytsova, T. M., & Nazarova, O. M. (2015). Flax seed infusion in the technology of production of rye-wheat bread. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery of Russia], 3, 24-26.
- Kulakova, S. N., Baykov, V. G., Bessonov, V. V., Nechaev, A. P., & Tarasova, V. V. (2009). Features of vegetable oils and their role in nutrition. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 3, 16-20.
- Kutsik, R. V., & Zuzuk B. M. (2006). Cultural flax. Analytical review. *Provizor* [Provizor], 1, 1-3.
- Minevich, I. E., Osipova, L. L., & Zubtsov, V. A. (2015). Evaluation of flaxseed sauces using the profile method of sensory analysis. In *Agricultural machinery* (c. 76-80).
- Minevich, I. E., & Osipova, L. L. (2017). Hydrocolloids of flax seeds: characteristics and prospects for use in food technology. *Nauchnyj zhurnal Nacional'nyj Issledovatel'skij Universitet Informacionnyh Tekhnologij Mekhaniki i Optiki. Ceriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»* [Scientific journal National Research University of Information Technologies, Mechanics, and Optics. Series: Processes and Food Production Equipment], 3, 16-25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Minevich, I. E., & Osipova, L. L. (2018a). Formulation and quality assessment of flour confectionery "Flax muffin". *Hleboprodukty* [Bakery products], 4, 56-58.
- Minevich, I. E., & Osipova, L. L. (2018b). Function-

- al properties of flaxseed protein-polysaccharide products. *Hleboprodukty* [Bakery products], 6, 38-39.
- Minevich I. E., Osipova, L. L., Nechiporenko, A. P., Smirnova, E. I., & Melnikova, M. I. (2018c). Features of the extraction process of mucus polysaccharides from flax seeds. *Nauchnyj zhurnal Nacional'nyj Issledovatel'skij Universitet Informacionnyh Tekhnologij Mekhaniki i Optiki. Ceriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv»* [Scientific journal National Research University of Information Technologies, Mechanics, and Optics series "Processes and Food Production Equipment"], 2(36), 3-11. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2018-11-2-3-11>
- Minevich, I. E., Osipova, L. L., & Tsyganova, T. B. (2019). Hydrocolloids of flax seeds in the technology of gluten-free muffins. *Hleboprodukty* [Bakery products], 1, 56-58. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-1-56-58>
- Minkevich, I. A. (1957). Len maslichnyj [Oil flax]. Selkhozgiz.
- Novikov, E. V., Basova, N. V., Ushchapovsky, I. V., & Bezbabchenko, A. V. (2017). Oil flax as a global raw material resource for fiber production. *Molochnohozyajstvennyj vestnik* [Dairy Newsletter], 3, 187-203.
- Novoselov, V. S. (1996). *Tajny l'na i poiski nauki. Kn. 1. V glub' tysyacheletij* [Secrets of flax and the quest for science. Book 1. Deep into the millennia]. TVNIIL.
- Osipova, L. L., Minevich, I. E., & Zubtsov, V. A. (2016). New recipes for functional products using flax seeds and flax flour. In *Social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie aspekty razvitiya regionov i municipal'nyh obrazovaniy: problemy i puti ih resheniya* [Socio-economic and environmental aspects of the development of regions and municipalities] (p. 253-258).
- Ponomareva, E. I., Lukina, S. I., Odintsova, A. V., & Kobzeva, A. O. (2017). Determination of rational parameters for the preparation of flax. *Hleboprodukty* [Bakery products], 5, 39-41.
- Pryanishnikov, D. N. (1921). *Rasteniya polevoj kul'tury* [Field crop plants]. State Publishing House.
- Rudnitskaya, Yu. I., & Berezovikova, I. P. (2012). The safety of using flax flour in culinary technology. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 1(24), 59A-63.
- Tanfilev, G. (1923). *Ocherk geografii i istorii glavnejshih kul'turnyh rastenij* [Essay on the geography and history of the most important cultivated plants]. Gosizdat Ukrainy.
- Tolkachev, O. N., & Zhuchenko Jr., A. A. (2000). Biologically active substances of flax: use in medicine and nutrition (review). *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal* [Journal of Pharmaceutical Chemistry], 34(7), 23-30.
- Ushchapovsky, I. V., Ozhimkova, E. V., Sulman, E. M., Martirosova, E. I., & Cloak, I. G. (2015). Genetic diversity of flax (*Linum usitatissimum* L.) by the glycan-protein composition of seed mucus. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka* [Russian agricultural science], 4, 14-17.
- Fedosova, N. M., Vikharev, S. M., & Sokolov, A. S. (2013). *Sovershenstvovanie metodov ocenki tekhnologicheskogo kachestva l'na i priemov ego pererabotki* [Improving methods for assessing the technological quality of flax and methods of processing it]. Izdatel'stvo Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta
- Fedosova, G. A. (2005). "Len-dolgunets" in Russia. *Botanika* [Botany], 16.
- Khrikyan, S. A. (2017). The effectiveness of growing oil flax in modern conditions. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 1, 281-284.
- Tsyganova T. B., Minevich, I. E., Zubtsov, V. A., & Osipova, L. L. (2010). *Pishchevaya cennost' semyan l'na i perspektivnye napravleniya ih pererabotki* [Nutritional value of flax seeds and promising directions for their processing]. Izdatel'stvo Eidos.
- Tsyganova, T. B., Minevich, I. E., & Osipova, L. L. (2019). Flax seed polysaccharides: practical use. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2, 24-36. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.151>
- Tsyganova, T. B., Minevich, I. E., Osipova, L. L., Zubtsov, V. A., & Smirnova, E. I. (2017). On the issue of food safety of flax seeds and their processed products. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery in Russia], 2, 23-26.
- Adolphe, J. L., Whiting, S., & Junlink, B. H. (2010). Health effects with consumption of the flax lignin secoisolariciresinol diglucoside. *British Journal of Nutrition*, 103, 929-938.
- Ahmed, M. G., Header, E. A., El-Sherif, F. A., El-Dashlouty, M. S., & El-Brollose, S. A. (2010). Sensory, chemical and biological evaluation of some products fortified by whole flaxseed. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 88, 257-271.
- Aliani, M., Ryland, D., & Pierce, G. N. (2012). Effect of flax addition on the flavor profile and acceptability of bagels. *Journal of Food Science*, 77(1), S62-S70. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02509.x>
- Alix, S., Marais, S., Morwan, C., & Lebrun, L. (2008). Biocomposite materials from flax plants: preparation and properties. *Composites Part A*, 39, 1793-1801.
- Alpaslan, M., & Hayta, M. (2006). The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *Journal of Food Quality*, 29, 617-627.

- Amin, T., & Thakur, M. (2014). *Linum usitatissimum* L. (Flaxseed)–A Multifarious Functional Food. *Online International Interdisciplinary Research Journal, {Bi-Monthly}*, *IV(I)*, 220-238.
- Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2004). The use of linseed oil improves nutritional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, *87*, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.019>
- Anwar, F., Zreen, Z., Sultana, B., & Jamil, A. (2013). Enzyme-aided cold pressing of flaxseed (*Linum usitatissimum* Linseed.): enhancement in yield, quality and phenolics of the oil. *Grasas y Aceites*, *64(5)*, 463–471. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.132212>
- Ason, P. J. C., Ayres, D. C., & Baxter, H. (1990). *Chemistry and Pharmacology of Natural Products*. Cambridge University Press.
- Barbary, O. M., Al-Sohaimy, S. A., El-Saadani, M. A. (2009). Extraction, Composition and Physicochemical Properties of Flaxseed Mucilage. *International Journal of Advance Agricultural Research*, *14(3)*, 605-621.
- Bashir, S. Masud, T., & Latif, A. (2006). Effect of flaxseed (*Linum usitatissimum*) on the baking properties of cakes and cookies. *International Journal of Agricultural Research* *1*, 496–502. <http://dx.doi.org/10.3923/ijar.2006.496.502>.
- Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014). Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food sciences*, *2(8)*, 1045.
- Bhatty, R. S., & Cherdkiatgumchai, P. (1990). Compositional analysis of laboratory-prepared and commercial samples of linseed meal and of hull isolated from flax. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *57*, 79-84.
- Bhise, S., Kaur, A., & Aggarwal, P. (2014). Development of protein enriched noodles using texturized defatted meal from sunflower, flaxseed and soybean. *Journal of Food Science and Technology*, *52*, 5882–5889. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1630-1>
- Chen, J. K., Bruce, V. M., & McDonald, B. E. (1991). Dietary α -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *53*, 1230-1234.
- Conforti, F. D., & Cachaper, K. F. (2009). Effects of selected antioxidants on physical and sensory characteristics of yeast bread containing flaxseed meal. *International Journal of Consumer Study*, *33*, 89–93. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1470-6431.2008.00729.x>
- Coonor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *71*, 197-201.
- De Lorgeril, M., Salen, P., Laporte, F., & de Leiris, J. (2001). Alpha-linolenic acid in the prevention and treatment of coronary heart disease. *European Heart Journal Supplements*, *3*, 26-32.
- Demark-Wahnefried, W., Polascik, T. J., & George, S. L. (2008). Flaxseed supplementation (not dietary fat restriction) reduces prostate cancer proliferation rates in men presurgery. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, *17(12)*, 3577-3587.
- Emaga, T. H., Rabetafika, N., & Blecker, C. S. (2012). Kinetics of the hydrolysis of polysaccharide galacturonic acid and neutral sugars chains from flaxseed mucilage. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, *16(2)*, 139-147.
- Engberg, R. M., Jakobsen, K., & Hartfill, W. (1993). The biological activity of natural source tocopherols in pigs fed on a linoleic acid rich die. *Fat Science Technology*, *95*, 537-542.
- Englyst, K. N., Liu S., & Englyst H. N. (2007). Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, *61* (Supp. L) 1. P. 19-39.
- Eyres, L. (2015). Flaxseed fibre - a functional superfood. *Food Standards Australia New Zealand*, *15(5)*, 24.
- Gambus H., Gambus F., & Pastuszka D., (2009). Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *60*, 31-50.
- Ganorkar, P. M., & Jain, R. K. (2013). Flaxseed – a nutritional punch. Mini Review. *International Food Research Journal*, *20(2)*, 519-525.
- Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., & Kris-Etherton, P.M. (2006). n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *83*, 1526S–1535S.
- Gogus, U., & Smith, C. (2010). n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science and Technology* *45*. 417–436.
- Goh, K. K. T., Ye, A., & Dale, N. (2006). Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. *International Journal of Food Science and Technology* *41*, 946–953.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, *51(9)*, 1633–1653. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Guimaraes, R. D. C. A., Macedo, M. L. R., Munhoz, C. L., Filiu, W., Viana, L. H., Nozaki, V. T., & Hiane, P. A. (2013). Sesame and flaxseed oil: nutritional quality and effects on serum lipids and glucose in rats. *Food Science and Technology* (Campinas), *33(1)*, 209–217. <http://dx.doi.org/10.1590/SO101-20612013005000029>
- Gutte, K. B., Sahoo, A. K., & Ranveer R. C. (2015).

- Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 31(1), 42-51.
- Hao, M., & Beta, T. (2012). Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts. *Food Chemistry*, 133, 1320–1325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Hassan, A. A., Rasmy, N. M., Foda, M.I., & Bahgaat, W. K. (2012). Production of functional biscuits for lowering blood lipids. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 7, 01–20.
- Hu, Y., Hall, C., & Wolf-Hall, C. (2008). Antifungal activity stability of flaxseed protein extract using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 73 (1), M9-14.
- Hurteau, M. C. (2004). Unique new food products contain good omega fats. *Journal of Food Science Education*, 3(4), 52-53.
- Hussain, S., Anjum, F. M., Butt, M. S., & Sheikh, M. A. (2008). Chemical composition and functional properties of flaxseed (*Linum usitatissimum*) flour. *Sarhad Journal of Agriculture*, 24(4), 649–653.
- Hyvarinen, H. K, Pihlava, J.-M., & Hiidenhovi, J. A. (2006). Effect of processing and storage on the stability of flaxseed lignan added to dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8788–8792. <http://dx.doi.org/10.1021/jf061285n>.
- Imran, M., Ahmad, N., & Anjum, F. M. (2015). Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *Nutrition Journal*, 14, 71-79.
- Ivanov, S., Rashevskaya, T., & Makhonina, M. (2011). Flaxseed additive application in dairy products production. *Procedia Food Science*, 1, 275–280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.043>.
- Johnsson, A., Kamal-Eldin, A., Lundoren, L. N., & Aman, P. (2000). HPLC method for analysis of secoisolariciresinol diolucoside in flaxseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5216-5219.
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2015). Flaxseed—A potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1857–1871.
- Kaushik, P., Dowling, K., McKnight, S., Barrow, C., Wang, B., & Adhikari, B. (2016). Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food Chemistry*, 197, 212-220.
- Khattab, R., Zeitoun, M., & Barbary, O. M. (2012). Evaluation of pita bread fortified with defatted flaxseed flour. *Current Nutrition and Food Science*, 8, 91–101. <http://dx.doi.org/10.2174/157340112800840790>
- Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2012). Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 2366–2372. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5642>
- Kishk, Y. M. K., Elsheshetawy, H. E., & Mahmoud, E. A. (2011). Influence of isolated flaxseed mucilage as a non-starch polysaccharide on noodle quality. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46, 661-668.
- Kolotov, A. P. (2015). Economic efficiency of cultivation of oil flax in the middle Urals. *APK Rossii. [Agrarian and industrial complex of Russia]*, 72(2), 135-140.
- Korkina, L., Kostyu, K. V., Luca, C., & Pastore, S. (2011). Plant phenolylpropanoids as emerging anti-inflammatory agents. Mini-Review. *Journal of Medicinal Chemistry*, 11, 823-835.
- Kuhn, K. R., Netto, F. M., & Cunha, R. L. D. (2014). Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier combined with whey protein isolate. *Food Research International*, 58, 89-97.
- Lee, R. E., Manthey, F. A., & Iii, C. A. H. (2004). Content and stability of hexane extractable lipid at various steps of producing macaroni containing ground flaxseed. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28, 133– 144. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.tb00816.x>
- Lei, B., Li-Chan, E. C. Y., Oomah, B. D., & Mazza, G. (2003). Distribution of cadmium-binding components in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 814–821.
- Lipilina, E, & Ganji, V. (2009). Incorporation of ground flaxseed into bakery products and its effect on sensory and nutritional characteristics– a pilot study. *Journal of Foodservice*, 20, 52–59. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-0159.2008.00124.x>
- Lunn, J. & Theobald, H. E. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Food and Nutrition Bulletin*, 31(3), 178-224. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>
- Manthey, F. A., Sinha, S., Wolf-Hall, C. E., & Hall, C. A. (2008). Effect of flaxseed flour and packaging on shelf life of refrigerated pasta. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 75–87. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2007.00166.x>
- Maramde, P. W., Shond, P. J., & Wanasundara, J. P. D. (2008). An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(12), 1155-1164.
- Marpalle, P., Sonawane, S. K., & Arya, S. S. (2014). Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, Food Science and Technology* 58, 614–619.
- Martinez-Flores, H., Barrera, E., Garnica-Romo, M., Penagos, C., Saavedra, J., & Macaradra-Alvarez, R. (2006). Functional characteristics of

- protein flaxseed concentrated obtained applying a response surface methodology. *Journal of Food Science*, 71, 495-498.
- McCullough, R. S., Edell, A.L., Bassett, C. M. C., LaVallee, R. K., Dibrov, E., Blackwood, D. P., Ander, B. P., & Pierce, G. N. (2011). The alpha linolenic acid content of flaxseed is associated with an induction of adipose leptin expression. *Lipids*, 46, 1043-1052.
- Mentes, O., Bakalbassi, E., & Ercan, R. (2008). Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread. *Food Science and Technology International*, 14, 299-306. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013208097192>
- Mesquita, C.D.B., Leonel, M., & Mischan, M.M. (2013). Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33, 404-410. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612013005000073>.
- Moller, N.P., Scholz-Ahrens, K.E., Ross, N., & Schrenzenmeir, J. (2008). Bioactive peptides and proteins from foods: indication for health effects. *European Journal of Nutrition*, 47, 171-182.
- Moraes, E.A., Dantas, M.I.D.S., Morais, D.D.C, et al. (2010). Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, 30, 974-979.
- Morris, D.H. (2007). Flax—a health and nutrition primer, (4th edn.) Available from: <https://flax-council.ca/resources/nutrition/technical-nutrition-information/flax-a-health-and-nutrition-primer/>
- Muir, A.(Ed), Westcott, N.(Ed). (2003). *Flax: The genus Linum*. London: Chemical Rubber Company Press, 320p. <http://dx.doi.org/10.1201/9780203437506>
- Mukker, J.K., Kotlyarova, V., Singh, R.S. et. al. (2010). HPLC method with fluorescence detection for the quantitative determination of flaxseed lignans. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 878(30), 3076-3082.
- Oomah, B.D. (2001). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 889-894.
- Oomah, B.D., Kenaschuk, E.O., & Mazza, G. (1996). Phytic acid content of flaxseed as influenced by cultivar, growing season, and location. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 2663-2666.
- Oomah, B.D., & Mazza, G. (Ed). (1998). *Flaxseed Products for disease prevention in Functional foods: Biochemical & Processing Aspects*. Chemical Rubber Company Press, 480p.
- Patil, S.S., Sheety, V.S., Todkar, A.P., & Bodhankar, H.B. (2013). Effect of incorporation of flaxseed flour on the nutritional and sensorial quality of biscuit. *Journal of Food Science Research*, 4, 20-23.
- Qian K. (2014). *Structure-Function Relationship of Flaxseed Gum from Flaxseed Hulls*. A Thesis Presented to The University of Guelph In partial fulfilment of requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Food Science Guelph, Ontario, Canada. 107p.
- Rabetafika, H.N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., & Blecker, C. (2011). Flaxseed proteins: Food uses and health benefits. *International Journal of Food Science & Technology* 46, 221-228.
- Rajiv, J, Indrani, D, Prabhasankar, P, & Rao, G.V. (2011). Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, 49, 587-593. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0307-2>.
- Ramcharitar , A, Badrie, N, Mattfeldt-Beman, M, et al. (2005). Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*, 70(7), s504-s507. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11499.x>.
- Rangrej, V., Shah, V., Patel, J., & Ganorkar, P.M. (2014). Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3694-3700. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1430-7>.
- Rathi, P., & Mogra, R. (2012). Development and sensory evaluation of superior products with flaxseed. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2, 12-15.
- Riediger, N.D., Othman, R., Fitz, E., Pierce, G.N., Suh, M., & Moghadasian, M.H. (2009). Low n6:n3 fatty acid ratio, with fish or flaxseed oil, in high fat diet improves plasma lipids and beneficially alters tissue fatty acid composition in mice. *European Journal of Nutrition*, 47, 153-160.
- Rubilar, M., Gutierrez, C., Verdugo, M., & Shene, C. (2010). Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10(3), 373-377.
- Russo, R., & Reggiani, R. (2014). Variation in the Content of Cyanogenic Glycosides in Flaxseed Meal from Twenty-one Varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 5(5), 1456-1462. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.515159>
- Sahoo, A. K., & Rahul, C. (2015) Bioactive Components of Flaxseed and its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 31(1), 42-51.
- Sakagami, Ii., Komatsu, N., Simpson, A., Nonoyama, M., Konno, K. at al. (1991). Antinumor, antiviral and immunopotentiating activities of pine cone extracts: Potential medicinal efficacy of natural and synthetic lignin-related materials (review).

- Anticancer Research*, 11, 881-888.
- Shearer, A.E., & Davies, C.G. (2005). Physicochemical properties of freshly baked and stored whole-wheat muffins with and without flaxseed meal. *Journal of Food Quality*, 28, 137-153. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00004.x>.
- Shim, Y.Y., Gui, Bo, Arnison, P.G., Wang, Y., & Reaney, M.J.T. (2014). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(1), 5-20.
- Simopoulos, A. P. (2000), Human requirement for omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 79, 961-970.
- Singer, F. A. W., Taha, F. S., Mohamed, S. S., Gibriel, A., & El-Nawawy, M. (2011). Preparation of Mucilage/Protein Products from Flaxseed. *American Journal of Food Technology*, 6, 260-278. <http://dx.doi.org/10.3923/ajft.2011.260-278>
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 210-222.
- Sinha, S., & Manthey, F. A. (2008). Semolina and hydration level during extrusion affect quality of fresh pasta containing flaxseed flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 546-559. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00195.x>
- Stewart, S., & Mazza, G. (2000). Effect of flaxseed gum on quality and stability of a model salad dressing. *Journal of Food Quality*, 23, 373-390.
- Sudha, M. L., Begum, K., & Ramasarma, P.R. (2010). Nutritional characteristics of linseed/flaxseed (*Linum usitatissimum*) and its application in muffin making. *Journal of Texture Studies*, 41, 563-578. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00242.x>
- Sun, J., Li, X., Xu, X., & Zhou, G. (2011). Influence of Various Levels of Flaxseed Gum Addition on the Water-Holding Capacities of Heat-Induced Porcine Myofibrillar Protein. *Journal of Food Science*, 76(3), 472-478.
- Suzuki, R., Rylander-Rudqvist, T., Sajis, S., Bergkvist, L., Adlercreutz, H., & Wolk, A. (2008). Dietary lignans and postmenopausal breast cancer risk by oestrogen receptor status: a prospective cohort study of Swedish women. *British Journal of Cancer*, 98(3), 636-640.
- Thompson, L. U., & Cunnane, S. C. (2003). *Flaxseed in Human Nutrition*, second edition. American Oil Chemists' Society Press.
- Trevisan, A. J. B., & Arêas, J. A. G. (2011). Development of corn and flaxseed snacks with high-fibre content using response surface methodology (RSM). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63, 362-367. <http://dx.doi.org/10.3109/09637486.2011.629179>
- Tzen, J., Cao, Y., Laurent, P., Ratnayake, C., & Huang, A. (1993). Lipids, proteins, and structure of seed oil bodies from diverse species. *Plant Physiology*, 101, 267-276.
- Udenigwe, C. C., & Aluko, R. E. (2010). Antioxidant and angiotensin converting enzyme-inhibitory properties of a flaxseed protein-derived high Fischer ratio peptide mixture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(8), 4762-4768. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20218606
- Vadukapuram, N., Hall, C., Tulbek, M., & Niehaus, M. (2014). Physicochemical properties of flaxseed fortified extruded bean snack. *International Journal of Food Science*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/478018>.
- Wang, B., Li, D., Wang, L. J., & Ozkan, N. (2010). Effect of concentrated flaxseed protein on the stability and rheological properties of soybean oil-in-water emulsions. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 555-561.
- Warrand, J., Michaud, P., Miller, G., Courtois, D., & Ralainirina, R. (2003). Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of new anionic polymer. *Chromatographia*, 58(5-6), 331-335.
- Warrand, J., Michaud, P., Picton, L., & Muller, G. (2005). Structural investigation of neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seed. *International Journal of Biological Macromolecules*, 35(3-4), 121-125.
- Wu, M., Li, D., Wang, L. J., Ozkan, N., & Mao, Z. H. (2010). Rheological properties of extruded dispersions of flaxseed-maize blend. *Journal of Food Engineering*, 98, 480-491.
- Yuksel, F., Karaman, S., & Kayacier, A. (2014). Enrichment of wheat chips with omega-3 fatty acid by flaxseed addition: Textural and some physicochemical properties. *Food Chemistry*, 145, 910-917. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.079>.

Повышение качества молотого кофе «Арабика» за счет использования SCADA системы при автоматизации процесса объемного дозирования

Сантос Кунихан Марио Рохелио

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: latinbrother@mail.ru*

Благовещенский Иван Германович

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Благовещенский Владислав Германович

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: bvg1996@mail.ru*

Петряков Александр Николаевич

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: a.petr2@yandex.ru*

Статья посвящена повышению эффективности технологии производства молотого обжаренного кофе «Арабика» за счет применения автоматических объемных роторных дозаторов в качестве объектов автоматизации и создания на их основе систем автоматического регулирования параметров технологического процесса производства молотого обжаренного кофе с использованием Scada системы. В статье определены актуальность темы, исследованы показатели качества молотого кофе сорта «Арабика». Показано, что в процессе дозирования возникают проблемы со стабильностью подачи молотого кофе в дозирующий механизм и возможностью автоматического контроля образующихся при этом сводов. Поэтому проведены экспериментальные исследования и моделирование процессов истечения молотого кофе из бункера дозатора с использованием методов дискретных элементов. Разработаны и апробированы методы и способы автоматического контроля показателей качества кофе с использованием Scada системы. Показаны результаты анализа технологического процесса дозирования молотого обжаренного кофе как объекта управления и проведен обзор существующих систем управления процессами дозирования молотого кофе. На основе проведенных исследований разработана математическая модель управления процессом дозирования молотого кофе сорта «Арабика» из бункера объемного дозатора с учетом присущих ему внутренних связей между параметрами технологических режимов и внешними возмущающими факторами. Проведено моделирование функционирования системы управления приводами подачи кофе в объемный дозатор при действии стохастических возмущений по нагрузке дозатора с учетом физико-механических свойств кофе. Разработан алгоритм управления процессом дозирования, предусматривающий учет корректирующего воздействия по промежуточной координате – уровню молотого кофе в бункере на основе исследования режимов работы дозатора и проверки асимптотической устойчивости системы управления производительностью дозатора при действии случайных возмущений и при отсутствии перерегулирования по уровню молотого кофе в бункере. В результате проведенных исследований выявлена перспективная методика управления уровнем молотого кофе, позволяющая осуществить переход от применения простого, позиционного закона управления уровнем молотого кофе в бункере дозатора к моделированию изменения уровня со специализированным контролем и управлением дозатором непосредственно в процессе функционирования. По полученным результатам в качестве критерия управления предложена производительность технологической

Как цитировать

Сантос Кунихан, М. Р., Благовещенский, И. Г., Благовещенский, В. Г., & Петряков, А. Н. (2019). Повышение качества молотого кофе «Арабика» за счет использования SCADA системы при автоматизации процесса объемного дозирования. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s255>

линии с наложенными на нее ограничениями на колебания объемной массы молотого кофе в упаковке, что позволяет значительно повысить эффективность работы данной линии, улучшить качество производимого кофе и сделать процесс дозирования более точным.

Ключевые слова: качество молотого кофе, объемное дозирование, использование Scada системы, автоматизация процесса

Введение

В современных техногенных условиях жизни и при больших эмоциональных и стрессовых нагрузках у населения Российской Федерации возникает все большая потребность в качественных и полезных для организма продуктах питания (Благовещенская, 2009). Одной из важнейших технологических операций в ходе приемки, хранения и переработки кофе при производстве молотого обжаренного кофе, является дозирование (Благовещенская & Злобин, 2010; Балыхин, Борзов, & Благовещенский, 2017).

Автоматизация процесса дозирования молотого кофе является важнейшей задачей в пищевой промышленности (Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016; Крылова, Благовещенский, Татаринов, 2017). Кроме того, в различных отраслях промышленности весьма актуальной является проблема стабильной и корректной подачи продукта в дозирующий механизм. С помощью объемных дозаторов измеряют массу дозируемого молотого кофе по его объему. Но при процессе дозирования возникает проблемы со стабильностью подачи молотого кофе в дозирующий механизм и возможностью контроля образующихся при этом сводов (Сантос Куннихан, Благовещенская, 2017). В связи с этим проблема традиционного объемного способа дозирования молотого кофе заключается в использовании устаревших методов и систем преобразования управляющих сигналов контроллеров в управляющие воздействия в виде переменного количества молотого кофе. Особая проблема возникает при дозировании молотого кофе разных по частицам фракций (Благовещенская, Сантон Куннихан, 2017).

При заданной плотности молотого кофе на этапе его автоматического дозирования в упаковку возникают трудности равномерного распределения частиц по объему и форме упаковки, если кофе отличается разными размерами частиц фракций. Также недостаточно теоретических и экспериментальных исследований по физико-механическим свойствам молотого кофе, автоматизации контроля его показателей качества.

Применение автоматических объемных роторных дозаторов в качестве объектов автоматизации и создание на их основе - систем автоматического регулирования параметров технологических процессов производства молотого обжаренного кофе с использованием интеллектуальных технологий позволяет решить данную проблему. В этой связи представляется необходимым исследование и анализ объекта автоматизации, существующих и необходимых методов контроля показателей качества исследуемой продукции и разработка на основе полученных результатов автоматизированной системы управления процессом объемного дозирования молотого обжаренного кофе в потоке с учетом их физико-механических свойств.

Контроль процесса объемного дозирования производства кофе с использованием SCADA системы имеет большое значение, так как от него зависит стабильность качественных характеристик продукта (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Петряков, Благовещенская, Благовещенский, 2018). Поэтому тема настоящей работы, направленная на решение этих вопросов, актуальна. Она позволяет решить проблему автоматизации объемного дозирования молотого кофе за счет использования SCADA системы.

Целью данной работы является развитие и совершенствование методов и алгоритмов управления процессам дозирования молотого кофе за счет использования SCADA системы для повышения качества промышленного производства кофе.

В качестве основных задач исследования выделены следующие задачи:

- проанализировать процесс дозирования молотого обжаренного кофе как объекта управления и существующих систем управления процессами дозирования молотого кофе;
- исследовать используемые показатели качества молотого кофе сорта «Арабика», разработать методы и способы автоматического контроля этих показателей с применением SCADA системы;
- разработать математическую модель управления процессом дозирования молотого кофе сорта «Арабика» из бункера объемного дозатора

- с учетом присущих ему внутренних связей;
- разработать алгоритмы управления процессом дозирования при действии случайных возмущений и при отсутствии перерегулирования по уровню молотого кофе в бункере.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем:

- разработана математическая модель процесса истечения молотого кофе сорта «Арабика» из бункера роторного дозатора и получена методика определения параметров модели;
- способ управления производительностью дозатора с учетом корректирующего воздействия по уровню продукта в бункере с использованием SCADA системы;
- доказана возможность обеспечения стабилизации работы дозатора за счет применения на нижнем уровне управления классических линейных законов регулирования по каналам «скорость вращения ротора дозатора – уровень продукта» и «скорость вращения привода загрузки – уровень продукта»;
- разработаны алгоритмы управления процессом дозирования.

Литературный обзор

В научной литературе известны работы, авторы которых ставили задачи совершенствования, автоматизации, системного анализа и управления процессами дозирования различных пищевых изделий (Балыхин, Благовещенский, Назойкин, 2019; Апанасенко, Благовещенская, Благовещенский, 2012; Иванов, Благовещенская, Благовещенский, 2012). Проведенный обзор и анализ работ посвященных этой проблеме выявил, что к настоящему времени физико-механические свойства молотого кофе и его закономерности движения и истечения были изучены и представлены в работах: В. Соколовского «Статика сыпучей среды» (Соколовский, 1960), Г. А. Гениева «Вопросы динамики сыпучей среды» (Гениев, 1958), Р. Л. Зенкова «Механика насыпных грунтов» (Зенков, 1964). Закономерностями движения и истечения сыпучих материалов из емкостей, а также борьбой со сводообразованием занимались такие известные ученые как Э. В. Дженике (Дженике, 1968)^{1,2,3} Р. Л. Зенков (Зенков, 1966) и другие (Богомягких, Пепчук, 1966; Варламов, 2011; *Ingeniería Química*, 1985). Определением физико-механических свойств молотого кофе и гранулометрическим составом кофе CENICAFE

занимались Ricardo Alonso Guevara-Barreto; José Jaime Castaño-Castrillón (Guevara B., 2000; Castano Castrillon, Cuellar Soares 1999). Также важно отметить научные работы Jesús Gadea Sáinz «Проблемы гранулометрических состав строительных материалов 2011г.» и работы «Проблемы дозирования строительных материалов 2014г.» в университете Бупрока – Испания (Jesús Gadea Sáinz, 2015; Jesús Gadea Sáinz, 2011) и другие как J.L. Amorós, G. Mallol, E. Sánchez, J. García (Amorós J.L., Mallol G., Sánchez E., García J.. *Diseño*, 2000). Исследования в области дозирования сыпучих материалов проводились в 1970-1980-х годах на Украине и в России Ю.В. Виденеев Ю.Д. (Виденеев, 1981) и Е.А. Назойкин, И.Г. Благовещенский (Назойкин, Благовещенский, 2019).

Развитие вычислительной техники и появление профессионального математического программного обеспечения как Matlab, LabView, позволили реализовать интересное исследование по компьютерному моделированию процесса дозирования. Такие работы как («Оптимизация процесса весового дозирования сыпучих материалов»), проведенные в 2007 году в Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (г. Днепрпетровск, Украина) (Грубов, Ткачев, Ужеловский В.А, 2007), Ramirez Mercedez, Fabricio Garelli, Ariel Dominguez, Modesto Angulo «Имитационная модель и алгоритм контроля уровня материала в бункере» в Аргентине в 2009 г. (Ramirez Mercedez, Fabricio Garelli, Ariel Dominguez, Modesto Angulo, 2009). Кроме того было защищено несколько диссертаций в области математического моделирования процесса дозирования сыпучих материалов, например, Давиденко П.Н. (Давиденко, 2005).

Колбасин А.М « Автоматизация технологического процесса управления производством многокомпонентных сыпучих бетонных смесей с учетом ошибок дозирования» (Колбасин, 2007). В настоящей работе был учтен и проработан опыт предыдущих исследований, использованы рекомендации, приводимые авторами перечисленных трудов.

Однако проведенный нами анализ состояния теории и практики совершенствования процессов дозирования сыпучих пищевых материалов показал, что большинство авторов занимались моделированием и автоматизацией управления бетонными смесями, строительными материалами и т.д. Многие актуальные вопросы совершенство-

¹ Jenike, A. W. (1961). Gravity flow of solids. Bulletin of the University of Utah. *CIM Trans.*, 123.

² Jenike, A. W. (1964) Storage and flow of solids. Bulletin of the University of Utah. *CIM Trans.*, 53(26).

³ Jenike, A. W.; JOHANSON, J. R. (1970). Review of the principles of flow of bulk solids. *CIM Trans.*, 73.

вания процессов пищевых производств до настоящего времени не решены, не было исследований по таким сыпучим пищевым массам, как молотое кофе. Поэтому ключевые задачи математического моделирования управления процессом дозирования молотого кофе остаются нерешенными. Также, до настоящего времени не предложено никакой теоретически обоснованной методики расчета и управления режимами процесса дозирования с целью оптимизации этого процесса.

Методы

Поставленные в работе задачи по разработке математической модели управления процессом дозирования молотого, разработке алгоритмов управления процессом дозирования при действии случайных возмущений решены с использованием методов теории алгоритмов, основных положений теории автоматического управления, общих принципов математического моделирования, элементов теории искусственного интеллекта, теории принятия решений, методов системного анализа и методов математической статистики. Вычисления в процессе исследований, численная и графическая обработка результатов производились с применением математического аппарата прикладных программ. При разработке математических моделей использовались известные законы механики и динамики, описывающие поведение однородных частиц молотого кофе.

Постановка исследований и производственных испытаний проводилась в соответствии с действующими ГОСТами⁴ (Межгосударственный стандарт ГОСТ 32775-2014 «Кофе жареный. Общие технические условия»; ГОСТ Р 52088-2003 «Кофе натуральный жареный. Общие технические условия»), методиками планирования и обработки эксперимента⁵. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab, Labview, EDEM.

Исследование

На основании проведенных исследований и полученных данных была спроектирована параметрическая модель объемного дозирования молотого кофе (МК) (рис 1) и предложена методика определения параметров модели при управлении уров-

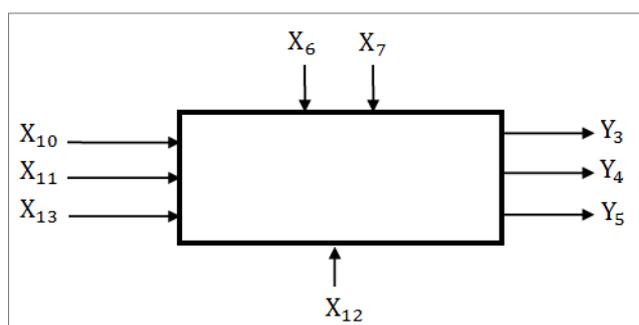


Рисунок 1. Параметрическая модель процесса объемного дозирования МК.

ω_1 - скорость подачи МК (рад/сек) (X_6); $v_{ис}$ - скорость истечения МК (X_7); q_2 - расход молотого кофе, поступающий в СД, ($m^3/сек$) (X_{10}); ω_2 - скорость вращения СД (рад/сек) (X_{11}); $X_{фм}$ - эмпирические коэффициенты, определяемые видом МК (X_{12}); E - коэффициент, определяемый настройки СД, (X_{13}); h - уровень молотого кофе в бункере СД (0.2 – 1м) (Y_3); q_3 - объем дозируемой порции молотого кофе в стакане СД, (m^3) (Y_4); Q - производительность СД (30-60 упак/мин) (Y_5)

нем молотого кофе в бункере стаканчикового дозатора (СД) для моделирования и автоматического контроля уровня МК.

Результаты экспериментальных и аналитических исследований показали что, коэффициенты напряжения частиц МК калибруется в интервале (0.3 – 0.6 Па), коэффициент истечения (0.1-0.6), плотность МК (300-600 kg/m^3), коэффициент сыпучести (начальное сопротивление сдвигу) (7.16-10.22 kg/m^2). Полученные результаты показали, что для хорошего истечения МК из бункера СД необходимый размер выпускного отверстия бункера должен составлять: $d = 0.10$ м. и угол наклона $\beta_w = 31.4^\circ$.

Полученные данные исследования процесса истечения МК позволяют перейти к разработке математических моделей процесса объемного дозирования с использованием интеллектуальных технологий, а затем на их основе к схемам автоматизации процессов производства МК, оптимизации технологических режимов и управления производственным процессом на современном уровне с использованием SCADA систем.

С помощью имитационного моделирования на ЭВМ, исследована эффективность применения различных законов управления при заполнении

⁴ Межгосударственный стандарт ГОСТ 32775-2014 «Кофе жареный. Общие технические условия»; ГОСТ Р 52088-2003 «Кофе натуральный жареный. Общие технические условия»

⁵ Чубинский, А. Н., Русаков, Д. С., Батырева, И. М., & Варанкина, Г. С. (2018). Методы и средства научных исследований. Методы планирования и обработки результатов экспериментов. Санкт Петербург.

бункера разными дозами молотого кофе. Были проанализированы разные подходы с использованием П, ПИ, ПИД законов управления для выявления наиболее оптимального варианта модели процесса дозирования молотого кофе, что позволило бы учесть случайные возмущения, как со стороны механизмов, так и со стороны самого кофе.

Произведена математическая постановка задачи автоматического контроля величины уровня молотого кофе в бункере для разработки в дальнейшем системы управления процессом дозирования МК. В такой системе предлагается введение дополнительного контура уровня МК, направленного на стабилизацию режима истечения кофе из бункера стаканчикового дозатора (СД) посредством управления промежуточной координатой. С точки зрения управления процессом дозирования молотого кофе в качестве критерия управления была выбрана заданная производительность технологической линии с наложенными на нее ограничениями на колебания массы МК в упаковке.

$$Q = Q_{зад} \pm \Delta Q, \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (m_i - m_{зад})^2} \leq \Pi, \quad (1)$$

где Q – производительность, [упаковок/мин]; $Q_{зад}$ – заданная производительность, [упаковок/мин], ΔQ – допустимые отклонения производительности, N – число выпущенных упаковок (циклов дозирования), Π – заданная погрешность дозатора СД, [кг], m_i – порция МК, $m_{зад}$ – заданная порция МК.

Уравнение (1) как и представления структуры системы управления также трансформируются в процессе проектирования. При исследовании системы «дозатор-привод-система управления» методами имитационного моделирования вместо производительности рассматривается расход молотого кофе на входе (q_1) и выходе бункера дозатора (q_2), зависящий от скоростей приводов питателя и дозатора (ω_1 и ω_2).

$$\begin{aligned} \omega_{1зад} &= f_1(q_1, q_2), \omega_{2зад} = f_2(q_1, q_2), \\ \omega_1 &= F_1(e_1), \omega_2 = F_2(e_2), e_1 = \omega_1 - \omega_{1зад}, e_2 = \omega_2 - \omega_{2зад}, \quad (2) \\ F_3(Q_{зад}) &= \omega_{1зад} - \omega_{2зад} \end{aligned}$$

где $\omega_{1зад}$, $\omega_{2зад}$ – заданные (расчетные) значения скоростей приводов, f_1, f_2 – зависимости скоростей приводов питателя и дозатора от расходов молотого кофе на входе и выходе, e_1, e_2 – величины рассогласования для локальных регуляторов скоростей приводов питателя и дозатора, F_1, F_2, F_3 – функции преобразования координат.

Технологическую систему производства молотого кофе с дальнейшей его упаковкой и параметрами контроля в общем виде можно представить в виде графа, показанного на рис 2. В устройстве подачи кофе (УПК), контролируются скорость привода подачи МК в бункер X6 (ω_1), и объем МК в начале процесса X2 (q_0, q_1).

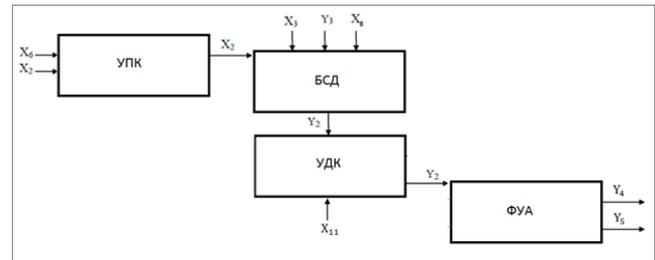


Рисунок 2. Граф технологической системы процесса дозирования молотого кофе

При этом:

$$q_0(t) = L \omega_1(t) \rho, \quad (3)$$

где, $q_0(t)$ – начальное значение расхода МК от времени, L – параметры конструкции транспортного оборудования питателя (конвейер), ω_1 – скорость привода питателя, ρ – плотность МК. В этом случае интересуют значения расхода $q_1 \cdot q_1 = q_0$.

Бункер дозатора (БСД) заполняется материалом МК, где контролируется уровень МК $Y_3(h)$, коэффициент истечения $X_3(Cd)$, плотность МК $X_8(\rho)$. Объем МК в бункере определяется по формуле (4), а уровень МК бункере по формуле (5).

$$V(t) = D H h(t) \rho, \quad (4)$$

где, $V(t)$ – объем МК от времени t , D – диаметр бункера (цилиндрической формы), H – высота, h – уровень МК, ρ – плотность МК.

$$h(t) = \frac{1}{D H \rho} \int (q_1(t) - D q_2(t)) dt, \quad (5)$$

В результате $Y_2(q_2)$ поступает в устройство дозирования кофе (УДК), в заданных значениях объема порции МК $Y_4(q_3)$, где контролируется скорость дозатора $X_{11}(\omega_2)$ для осуществления процесса дозирования и дальнейшей передачи полученной порции на упаковку $Y_5(Q)$.

$$q_2(t) = \omega_2(t) \rho v_{и}, \quad (6)$$

где, $q_2(t)$ – расход МК из бункера от времени t , ω_2 – скорость привода СД, ρ – плотность МК, h – уровень МК, $v_{и}$ – скорость истечения МК.

$$q_3(t) = \frac{\omega_2(t)\rho m_i}{\omega_1}, \quad (7)$$

Неравномерность подачи молотого кофе в УДК является важнейшим фактором, влияющим на производительность фасовочно-упаковочного автомата (ФУА). Для качественной оценки дозирования, контролируются значения промежуточной координаты и скорости приводов УДК и УПК. Точность дозирования любым типом дозатора обуславливается техническими требованиями и ограничивается технологическим допуском.

$$dE = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (8)$$

где Q_{\max} , Q_{\min} , $Q_{\text{ср}}$ – максимальная, минимальная и средняя производительность стаканчикового дозатора ($\text{м}^3/\text{с}$), при работе на одну и ту же установленную дозу МК.

Сложности настройки приводов в процессе ДМК приводят к функциональным ограничениям процесса объемного дозирования, обусловленными уменьшением возможностей стабильной работы дозатора в требуемом диапазоне параметров ДМК.

Выходные сигналы системы автоматизации процесса управления дозированием МК будут определяться:

$$h = u_h + \sum_{i=1}^n x_i(n) W_{ij}^{(n)} + x_i(n-1)W_{ij}^{(n-1)}, \quad (9)$$

$$q_3 = u_{q_3} + \sum_{i=1}^n x_i(n) W_{ij}^{(n)} + x_i(n-1)W_{ij}^{(n-1)}, \quad (10)$$

Уровень молотого кофе (МК) согласно полученным результатам анализа описывается математическим ожиданием объема порции МК в мерных стаканах объемного дозатора, определяющимся по формуле (11).

$$m_i = X_{\text{фм}}(t - t_i) - u(t - t_i), \quad (11)$$

где $X_{\text{фм}}(t - t_i)$ – составляющая метаматематического ожидания, учитывающая изменение физико-механических свойств МК, $u(t - t_i)$ – сигнал управления промежуточной координаты и приводов подачи и дозатора СД, t_i – запаздывание при воздействии управляющего сигнала промежуточной координаты и скоростей приводов.

На основании проведенных исследований в среде MatLab с использованием SCADA системы разработана модель системы управления процессом дозирования молотого кофе (рис.3), представляющая многоблочную структуру, в которой количество блоков соответствует числу компонентов, подаваемых на вход дозатора.

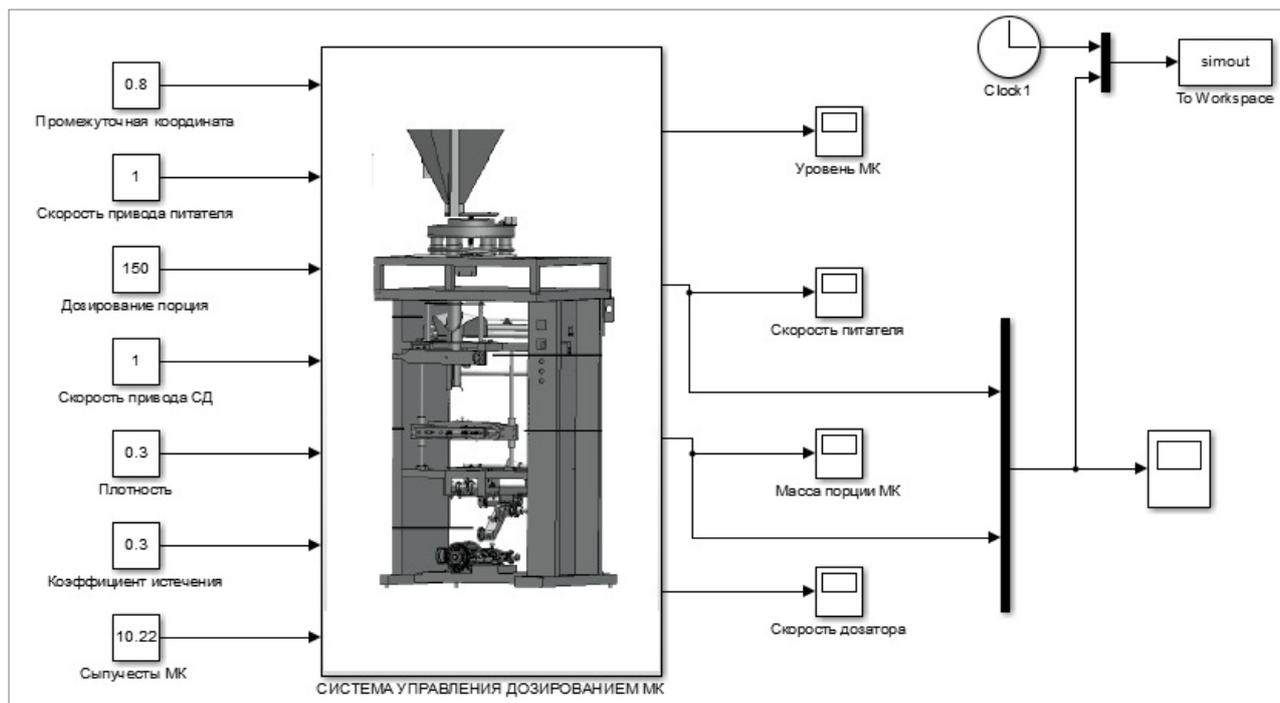


Рисунок 3. Модель системы управления процессом дозирования молотого кофе (Сантос Куннихан, 2017).

При оценке поведения дозатора при действии возмущений с применением среды Matlab-simulink используется представление привода в виде последовательного включения двух апериодических звеньев. В системе имеется контур управления приводом питателя, а также контуры управления приводом дозатора и бункером цилиндрической формы.

Объем МК, засыпаемый в мерные стаканы СД на цикле при дозировании, будет формироваться по законам распределения, с учетом изменения математического ожидания, средне квадратического отклонения объема МК и промежуточной координаты в бункере дозатора СД, а также с учетом среднего объема и дисперсии частиц МК, которые задаются в начале эксперимента. При равномерном законе распределения продукта МК, математическое ожидание полностью определяет этот закон при заданном среднем значении порции объема и дисперсии частиц МК.

Рассмотрение наличия внутренних возмущений, связанных с наличием стволовых режимов течения молотого кофе в бункере стаканчикового дозатора СД и внешних возмущений работы приводов требует введения дополнительных блоков внесения случайных помех. В зависимости от закона распределения помехи в среде Matlab имеют обозначения «Random number», «Uniform Random Number» (Сантос М.Р.,2015). Источник случайного сигнала с нормальным распределением «Random number», назначен для формирования уровня сигнала со

следующими параметрами управления сигнала (Сантос М.Р.,2015):

- Mean - Среднее значение сигнала
- Variance- Дисперсия (среднеквадратическое отклонение).
- Initial seed – Начальное значение.

Источник «Uniform Random Number» используется для формирования случайного сигнала с равномерным распределением со следующими параметрами управления сигнала:

- Minimum – Минимальный уровень сигнала.
- Maximum – Максимальный уровень сигнала.
- Initial seed – Начальное значение.

Вместо термина «система управления приводом» в процессе интерактивного взаимодействия со средой моделирования Matlab-simulink при проектировании системы используется термин «PID Controller», вместо термина «привод» при проектировании системы используется представление произведения множителей «Transfer Fun» на языке передаточных функций. Выбор языков будет определяться опытом и предпочтениями пользователя CAD систем.

Модель системы управления процессом дозирования молотого кофе (рис.4) представляет собой многоблочную структуру. Количество блоков соответствует числу компонентов процесса в среде моделирования Matlab.

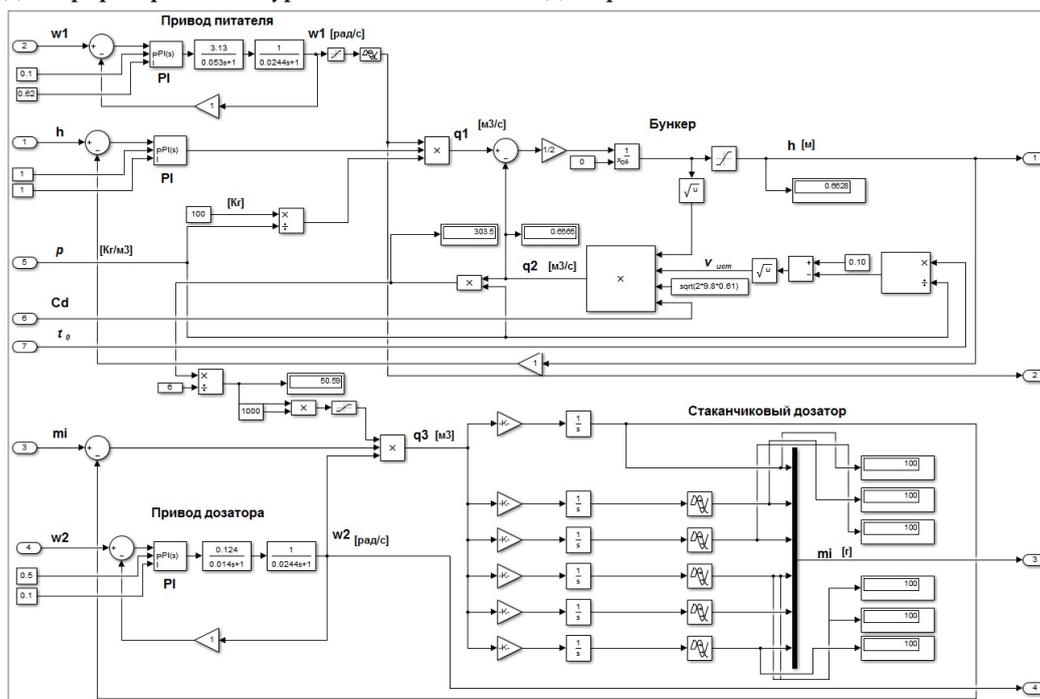


Рисунок. 4 Модель управления процессом дозирования молотого кофе

В схеме имеется контур управления приводом питателя, контур управления приводами дозатора и бункера.

В случае применения для регулирования скоростей питателя и дозатора частотных преобразователей возможно для управления приводами использовать классические ПИ регуляторы. При оценке поведения дозатора при действии возмущений с применением в качестве среды SCADA систему используется представление привода в виде последовательного включения двух апериодических звеньев.

Управления скоростью вращения приводов осуществляется в зоне рабочего участка механической характеристики, т.е. передаточная функция двигателя по каналу «частота питающей сети – скорость вращения» включает произведение двух компонент. Первая описывает электромеханическую составляющую, вторая – механическую составляющую. Оба звена – апериодические звенья первого порядка.

На рис. 5 представлен алгоритм выполнения задачи моделирования процесса дозирования молотого кофе.

Модель процесса управления дозированием молотого кофе.

$$W_{ЭД(s)} = \frac{K_{дв}}{T_э s + 1}, \quad W_{мех(s)} = \frac{K}{Ts + 1}, \quad (12)$$

$$D_i(s) = \frac{K_{дв} K}{(T_э s + 1)(Ts + 1)}$$

Передаточная функция тиристорного преобразователя с системой импульсно-фазового управления силовыми элементами.

$$W_{ТП} = \frac{K_{пр} e^{τp}}{T_y p + 1}, \quad (13)$$

Представлен метод для стабилизации границ устойчивости движения МК на границах различных зон течения при управлении процессом дозирования, где предлагается введение цели управления, направленной на стабилизацию режима истечения МК из бункера СД посредством управления промежуточной координатой:

$$\omega_{1зад} - \omega_{2зад} = F4(Q_{зад}, h_{пр}, L), \quad h_{пр} = h_{зад} \pm \Delta h, \quad (14)$$

где $h_{пр}$ – промежуточная координата (уровень МК), $F4$ – функция, определяющая зависимость разности расчетных значений, скоростей приводов питателя и дозатора $СД$ от выделенных параметров состояния, L – набор возмущений и конструктивных свойств объемного дозатора.

Принятые допущение на основе решения уравнения (14) для заданных свойств порошковых и зерновых частиц МК и определенной конструкции дозатора позволяют обеспечить устойчивость режима истечения порошковых и зерновых частиц МК без образования ствольных режимов течения и застойных зон в объеме бункера. Таким образом, в качестве промежуточной координаты рассматривается уровень пищевого продукта в бункере, поддерживаемый в пределах, не приводящих к образованию застойных зон для заданных физико-механических свойств молотого кофе.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного нами обзора и анализа работ в области компьютерного моделирования процесса дозирования: работы по оптимизации процесса весового дозирования сыпучих материалов, проведенные в 2007 году в Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (г. Днепропетровск, Украина) (Грубов, Ткачев, Ужеловский В.А, 2007), работы по имитационному моделированию контроля уровня материала в бункере, проведенные в Аргентине (Ramirez Mercedes, Fabricio Garelli, Ariel Dominguez, Modesto Angulo, 2009), диссертации в области математического моделирования процесса дозирования сыпучих материалов (Давиденко, 2005) и в области автоматизации технологического процесса управления производством многокомпонентных сыпучих бетонных смесей (Колбасин, 2007) и др. установлено, что данные авторы занимались моделированием и автоматизацией управления дозированием бетонных смесей, строительных материалов и другими смесями, не имеющими отношения к пищевой промышленности. Поэтому многие актуальные вопросы совершенствования процессов управления дозированием именно пищевых масс до настоящего времени не решены. Не было исследований по таким сыпучим пищевым массам, как молотый кофе. И поэтому ключевые задачи математического моделирования управления процессом дозирования молотого кофе оставались нерешенными.

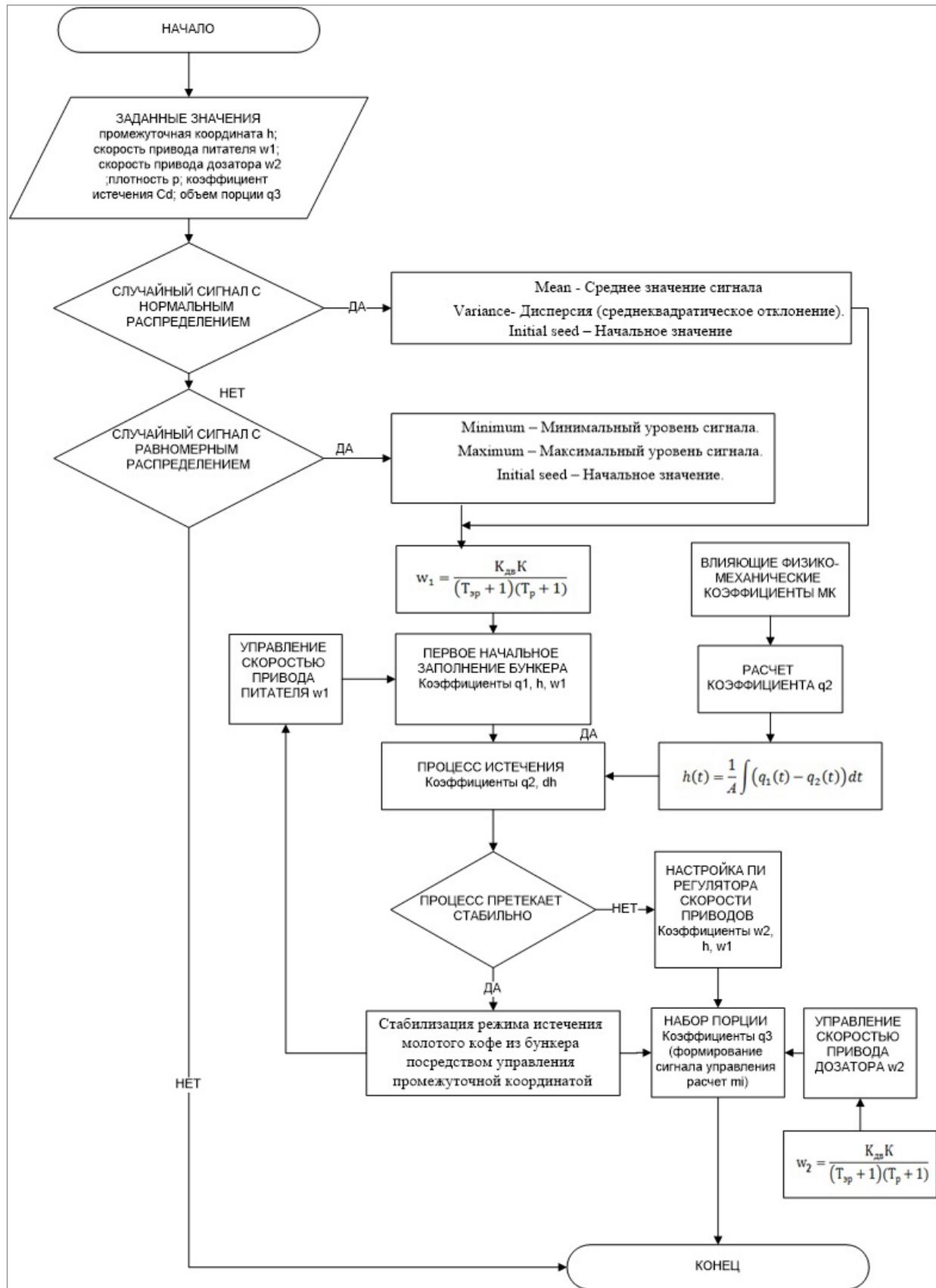


Рисунок 5. Алгоритм задачи моделирования процесса дозирования молотого кофе

ми. Также, до настоящего времени не предложено никакой теоретически обоснованной методики расчета и управления режимами процесса дозирования молотого кофе с целью оптимизации этого процесса.

Исследовано влияние на уровень кофе сорта «Арабика» в бункере дозатора действий внешних возмущений. Полученные результаты позволили получить новые сведения о влиянии изменения физико-механических свойств молотого кофе сорта «Арабика», а также случайных возмущений со стороны изменения скорости приводов питателя и объемного дозатора на уровень кофе в дозаторе, что, безусловно, сказывается на производительности и точности процесса его дозирования.

На основании полученных результатов проведенных исследований впервые разработана модель нейросетевой интеллектуальной системы управления процессом дозирования молотого кофе с использованием SCADA- системы, позволяющая исследовать и учитывать случайные возмущения, как со стороны изменения скорости приводов питателя УПК и дозатора УДК, так и со стороны изменения свойств МК.

Полученные данные позволили предложить новые методы реализации системы управления процессом дозирования и выбрать в качестве критерия управления заданную производительность технологической линии процесса дозирования с наложенными на нее ограничениями на колебания объемная масса молотого кофе в упаковке.

Выявлено что применение методологии управления приводов для процесса дозирования при использовании простых методов контроля и логического управления уровнем молотого кофе не позволяет контролировать образование застойных зон в бункере дозатора и повысить однородность содержимого молотого кофе в упаковках за счет управления режимом движения.

Полученные результаты экспериментов, проведенные в среде MatLab с применением SCADA системы, в условиях колебаний свойств молотого кофе позволили разработать новую, интеллектуальную, более точную систему стабилизации уровня молотого кофе, что является перспективным решением по сравнению с ранее использованной системой с позиционным законом управления (Давиденко, 2005).

Разработанный в работе алгоритм работы модуля контроля и регулирования величины уровня мо-

лотого кофе в процессе дозирования и разработанный нейросетевой оптимизатор контроллера, позволяют найти новые, оптимальные коэффициенты закона регулирования и сократить перерегулирование и время процесса дозирования.

Заключение

Полученные результаты позволили:

- проанализировать процесс дозирования молотого обжаренного кофе как объекта управления;
- исследовать используемые показатели качества молотого кофе сорта «Арабика», разработать методы и способы автоматического контроля этих показателей с применением SCADA системы;
- разработать математическую модель управления процессом дозирования молотого кофе сорта «Арабика» из бункера объемного дозатора с учетом присущих ему внутренних связей;
- разработать способ управления производительностью дозатора с учетом корректирующего воздействия по уровню продукта в бункере с использованием SCADA системы;
- разработать алгоритм управления процессом дозирования при действии случайных возмущений и при отсутствии перерегулирования по уровню молотого кофе в бункере.

Литература

- Апанасенко, С. И., Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г. (2012). О перспективах создания системы автоматического контроля влажности кондитерских масс в потоке с использованием аппарата искусственных нейронных сетей. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины* (с. 212 – 214).
- Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Благовещенский, В. Г. (2019). Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности* (с. 32-39).
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60 - 63.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский,

- И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. Высшая школа.
- Благовещенская, М. М., & Сантон Куннихан, М. П. (2017). Структура систем управления дозирования с использованием нейронных сетей. В *Общезаочная студенческая конференция студентов и молодых ученых «День науки»*, 5, 263-267.
- Богомяких, В. А., & Пепчук, А. П. (1996). *Интенсификация разгрузки бункерных устройств в условиях сводообразования зернистых материалов*. Зерноград.
- Варламов, А. В. (2011). Исходные предпосылки к составлению обобщенной математической модели динамической системы «Бункерное устройство с сыпучим материалом сводообразование механизм разрушения сводообразования». *Вестник Самарского государственного университета путей сообщения*, 2(12), 79–89.
- Видинеев, Ю. Д. (1981). *Дозаторы непрерывного действия*. Энергия.
- Гениев, Г. А. (1958). *Вопросы динамики сыпучей среды*. Выпуск 2. Госстройиздат.
- Грубов, В. В., Ткачев, В. С., Ужеловский, В. А. (2007). Оптимизация процесса весового дозирования сыпучих материалов. *Вестник Приднестровской Государственной Академии Строительства и Архитектуры*, 15.
- Давиденко, П. Н. (2005). *Исследование и разработка методов проектирования информационных систем на основе дозаторов дискретного действия*. Таганрог.
- Дженике, Э. В. (1968). *Складирование и выпуск сыпучих материалов*. Мир.
- Зенков, Р. Л. (1964). *Механика насыпных грунтов*. 2-е издание. Машиностроение.
- Зенков, Р. Л., Гриневич, Г. П., & Исаев, В. С. (1966). *Бункерные устройства*. Машиностроение.
- Иванов, Я. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация процесса формования конфетных масс на основе математического и алгоритмического обеспечения с использованием в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины* (с. 215 – 218).
- Колбасин, А. М. (2007). *Автоматизация технологического процесса управления производством многокомпонентных сыпучих бетонных смесей с учетом ошибок дозирования*. МИСИ.
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татаринев, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*: МГУПП, 1, (с.199-201).
- Назойкин, Е. А., Благовещенский, И. Г., Синча, В. М., Жиров, М. В., & Митин, В. В. (2019). Использование имитационного моделирования для идентификации состояния предприятий в пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности* (с. 147-155).
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018). Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 5-6(176), 21-23.
- Савостин, С. Д., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2016). *Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размолла с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Сантос, М. Р. (2015). Имитационная модель управления уровнем молотого кофе в бункере с помощью многодвигательных приводов. *Науковедение*, 7(1), 98TVN115. <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN115.pdf>.
- Сантос, М. Р. (2015). Математическая модель и автоматизация процесса объемного дозирования молотого кофе на базе Scada системы Labview. *Науковедение*, 7(4), 38TVN415. <http://naukovedenie.ru/PDF/38TVN415.pdf>
- Сантос, М. Р. (2017). *Математическое и алгоритмическое обеспечение системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого обжаренного кофе*. МГУПП.
- Сантос, М. Р., & Благовещенская, М. М. (2017). Использование нейронной сети для автоматизации процесса управления объемом дозированием молотого кофе. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука* (с. 102-106).
- Соколовский, В. В. (1960). *Статика сыпучей среды*. Наука.

- Amorós, J. L., Mallol, G., Sánchez, E., & García, J. (2000). Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operación de descarga [Design of silos and hoppers for the storage of powdery materials. Problems associated with the download operation]. *Universitat Jaume, 1*.
- Castrillon, J. J. C., Soares, P. C. C. (1999). *Normalización de la Densidad Aparente del Café. Tostado y Molido y de la Concentración del Extracto de Café* [Normalization of the Apparent Density of Coffee. Roasted and Ground and Concentration of Coffee Extract]. Universidad Nacional De Colombia.
- Garelli, F., Mercedez, R., Dominguez, F. F., & Angulo, M. (2009). Simulación de un algoritmo para controlar el nivel en tolva ante la alimentación discontinua de caña [Simulation of an algorithm to control the level in the hopper with the discontinuous sugarcane feed]. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial, 6(3)*, 54-60.
- Guevara, B. R. (2000). *Caracterización granulométrica del café tostado y molido colombiano* [Granulometric characterization of Colombian roasted and ground coffee] Universidad Nacional de Colombia.
- Novella, E. C. (Ed.) (1985) *Ingeniería Química. Flujo de fluidos* [Chemical engineering. Fluid flows], 3. Alhambra Universidad.
- Sáinz, J. G. (2011). *Materiales de construcción: problemas de dosificación* [Construction materials: dosage problems]. Universidad de Burgos.
- Sáinz, J. G. (2015). *Materiales de construcción: problemas de Granulometría* [Construction materials: Granulometry problems]. Universidad de Bur

Improving the Quality of Ground Coffee "Arabica" by Using the SCADA System to Automate the Volumetric Dosing Process

Mario Rogelio Santos Cunnighan

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: latinbrother@mail.ru*

Ivan G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Vladislav G. Blagoveschenskiy

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bvg1996@mail.ru*

Alexander N. Petryakov

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: a.petr2@yandex.ru*

The article is devoted to improving the efficiency of the production technology of ground roasted coffee "Arabica" by using automatic volumetric rotary dispensers as automation objects, and creating systems based on them for automatic control of the process of dispensing ground roasted coffee using the Scada system. The article defines the relevance of the topic, and examines the quality indicators of ground coffee of the "Arabica" variety. It is shown that during the dosing process, problems arise with the stability of the supply of ground coffee to the dosing mechanism and the ability to automatically control the resulting arches. Therefore, experimental studies and modeling of the flow of ground coffee from the dispenser hopper using discrete element methods have been carried out. Methods and methods of automatic control of coffee quality indicators using the Scada system have been developed and tested. The results of the analysis of the technological process of dosing ground roasted coffee as an object of control are shown, and the review of existing control systems for the processes of dosing bulk masses is carried out. The result of the research developed a model of process control dispensing of the ground coffee, which allows to study random perturbations of the speed change actuator of the feeder and the rotary valve, and change the properties of ground coffee. The influence of external disturbances on the level of action is studied. The obtained data allowed us to choose as a control criterion the specified productivity of the technological line of the dosing process with restrictions imposed on it on fluctuations in the volume mass of ground coffee in the package. The obtained results of simulation experiments conducted in the MatLab environment using the SCADA system allowed for more accurate stabilization of the ground coffee level under conditions of fluctuations in the properties of ground coffee than under the previously used positional control law. The results of simulation of the process of managing the dosage of ground coffee showed that among the factors listed in the statement of the simulation task, there are several such factors, the variation of which clearly affects the productivity and accuracy of the process of dosing ground coffee. These include: the law of forming a control effect that compensates for changes in the physical and mechanical properties of ground coffee, as well as random disturbances from changes in the speed of the feeder and volumetric dispenser drives. These factors allowed us to study their influence on the level of ground coffee in the hopper. Simulation experiments with various distributions of volume portion of ground coffee is loaded into measuring cups dispenser, allowed to show the promising applications of the SCADA system and use it to provide a more accurate stabilization of the level of ground coffee than using the positional control law in terms of oscillation properties of ground coffee.

Keywords: ground coffee quality, volumetric dosing, use of Scada system, process automation

References

- Apanasenko, S. I., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, I. G. (2012). On the prospects of creating a system for automatic control of the moisture content of confectionery masses in a stream using an apparatus of artificial neural networks. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and ensuring the training and retraining of personnel for the food industry and medicine] (pp. 212 – 214).
- Balykhin, M. G., Blagoveshchensky, I. G., Nazoykin, E. A., & Blagoveshchensky, V. G. (2019). Adaptive control system with identifier of non-stationary technological processes in the food industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry] (pp.32–39).
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchensky, I. G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnyh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoj produkcii s ispol'zovaniem intellektual'nyh tekhnologij* [Methodological foundations of creating expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies]. Frantera.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchensky, I. G. (2017). The architecture and basic concept of creating an intelligent expert system of food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 11, 60–63.
- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii processa prigotovleniya mnogokomponentnyh mass* [Basics of stabilization of the preparation of multicomponent masses]. Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Santon Kunnikhan, M. P. (2017). The structure of dosing control systems using neural networks. In *Obshcheuniversitetskaya studencheskaya konferenciya studentov i molydyh uchenykh «Den' nauki»* [University Conference of Students and Young Scientists “Science Day”] (pp.263-267), 5.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Zlobin, L. A. (2005). *Informacionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami* [Information technology of process control systems](264- 320). Vysshaya shkola.
- Bogomyagkikh, V. A., & Pepchuk, A. P. (1996). *Intensifikatsiya razgruzki bunkernykh ustrojstv v usloviyah svodoobrazovaniya zernistykh materialov* [Intensification of unloading of bunker devices in the conditions of consolidation of granular materials]. Zelenograd.
- Davidenko P.N. (2005). *Issledovanie i razrabotka metodov proektirovaniya informacionnyh sistem na osnove dozatorov diskretnogo dejstviya* [Research and development of design methods for information systems based on discrete action dispensers]. Taganrog.
- Geniev, G.A. (1958). *Voprosy dinamiki sypuchej sredy*. Vypusk 2 [Questions of the dynamics of granular medium]. Gosstrojizdat.
- Grubov, V. V., Tkachev, V. S., Uzhelovsky, V. A. (2007). Optimization of the process of weight dosing of bulk materials. *Vestnik Pridneprovskoy Gosudarstvennoy Akademii Stroitel'stva i Arkhitektury* [Bulletin of the Dnieper State Academy of Construction and Architecture], 15.
- Ivanov, Y. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchensky, I. G. (2012). Automation of the process of molding candy masses based on mathematical and algorithmic support using a digital video camera as an intelligent sensor. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and ensuring the training and retraining of personnel for the food industry and medicine] (pp. 215 – 218).
- Jenike, E. V. (1968). *Skladirovanie i vypusk sypuchih materialov* [Warehousing and production of bulk materials] (pp. 126 – 216). Mir.
- Kolbasin, A. M. (2007). *Avtomatizatsiya tekhnologicheskogo processa upravleniya proizvodstvom mnogokomponentnyh sypuchih betonnykh smesey s uchetom oshibok dozirovaniya* [Automation of the process for managing the production of multicomponent bulk concrete mixes, taking into account dosing errors]. MISI.
- Krylova, L. A., Blagoveshchensky, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka: MGUPP* [The Development of the Food and Processing Industry of Russia: Personnel and Science] (pp. 199 – 201). Izdatel'skiy kompleks MGUPP [Publishing complex MGUPP], 1.
- Nazoykin, E. A., Blagoveshchensky, I. G., Sincha, V. M., Zhirov, M. V., & Mitin, V. V. (2019). The use of simulation to identify the state of enterprises in the food industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry] (pp. 147 – 155).
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchensky, V. G., & Krylova, L. A. (2018). The use of object-oriented programming methods to control the quality indicators of confectionery products. *Konditerskiye izdeliya i khlebopecheniye* [Confectionery and Bakery], 5-6(176), 21-23.

- Santos, M. R. (2015). A simulation model for controlling the level of ground coffee in the hopper using multi-motor drives. *Naukovedeniye* [Science of Science], 7(1), 42 – 49.
- Santos, M. R. (2017). *Matematicheskoe i algoritmicheskoe obespechenie sistemy upravleniya tekhnologicheskim processom ob"emnogo dozirovaniya pri proizvodstve molotogo obzharenogo kofe*. [Mathematical and algorithmic support for the volumetric dosing process control system in the production of ground roasted coffee]. Izdatel'skiy kompleks MGUPP.
- Santos, M. R. (2015). Mathematical model and automation of the volumetric dosing process of ground coffee based on Scada Labview system. *Naukovedeniye* [Science of Science], 7(4), 38 – 45.
- Santos, M. R., & Blagoveshchenskaya, M. M. (2017). Using a neural network to automate the process of controlling the volumetric dosing of ground coffee. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka* [Development of the food and processing industry of Russia: personnel and science](pp.102 – 106).
- Savostin, S. D., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchensky, I. G. (2016). *Avtomatizaciya kontrolya pokazatelej kachestva muki v processe razmola s ispol'zovaniem intellektual'nyh tekhnologij* [Automation of control of flour quality indicators during grinding using intelligent technologies]. Frantera.
- Sokolovsky, V. V. (1960). *Statika sypuchej sredy* [Static granular medium]. Nauka.
- Varlamov, A. V. (2011). Initial prerequisites for the compilation of a generalized mathematical model of the dynamic system “Bunker device with bulk material, arch formation, mechanism of destruction of arch formation”. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobtchenia* [Bulletin of Samara state university of transport], 2(12), 79–89.
- Vidineev, Yu. D. (1981). *Dozatory nepreryvnogo dejstviya* [Dispensers of continuous action]. Energiya.
- Zenkov, R. L. (1964). *Mekhanika nasypanyh gruntov* [The mechanics of bulk soils]. Mashinostroyeniye.
- Zenkov, R. L., Grinevich, G. P., Isaev, V. S. (1966). *Bunkernye ustrojstva* [Hopper devices]. Mashinostroyeniye.
- Amorós, J. L., Mallo, G., Sánchez, E., & García, J. (2000). Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. Problemas asociados a la operacion de descarga [Design of silos and hoppers for the storage of powdery materials. Problems associated with the download operation]. *Universitat Jaume, 1*.
- Castrillon, J. J. C., Soares, P. C. C. (1999). *Normalización de la Densidad Aparente del Café. Tostado y Molido y de la Concentración del Extracto de Café* [Normalization of the Apparent Density of Coffee. Roasted and Ground and Concentration of Coffee Extract]. Universidad Nacional De Colombia.
- Garelli, F., Mercedez, R., Dominguez, F. F., & Angulo, M. (2009). Simulacion de un algoritmo para controlar el nivel en tolva nate la alimentacion discontinua de caña [Simulation of an algorithm to control the level in the hopper with the discontinuous sugarcane feed]. *Revista iberoamericana de automatica e informatica industrial*, 6(3), 54–60.
- Guevara, B. R. (2000). *Caracterización granulométrica del café tostado y molido colombiano* [Granulometric characterization of Colombian roasted and ground coffee] Universidad Nacional de Colombia.
- Novella, E. C. (Ed.) (1985) *Ingeniería Química. Flujo de fluidos* [Chemical engineering. Fluid flows], 3. Alhambra Universidad.
- Sáinz, J. G. (2011). *Materiales de construcción: problemas de dosificación* [Construction materials: dosage problems]. Universidad de Burgos.
- Sáinz, J. G. (2015). *Materiales de construcción: problemas de Granulometría* [Construction materials: Granulometry problems]. Universidad de Bur

Разработка технологии получения фитомеланинов из отходов масличного производства

Иванова Людмила Афанасьевна

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: biotech@mgupp.ru*

Фоменко Иван Андреевич

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
Институт «Прикладной биохимии и машиностроения» (ОАО «Биохиммаш»)
Адрес: 127299, город Москва, ул. Клары Цеткин, дом 4
E-mail: iv.fomenko@mail.ru*

Сергеева Дарья Александровна

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: d.sergeeva98@mail.ru*

Чурмасова Людмила Алексеевна

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»
Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11
E-mail: ludmila-churmasova@yandex.ru*

Кабаржан Женисбай Кенжетайулы

*Казахский национальный аграрный университет
Адрес: 050010, город, Алматы, проспект Абая, дом 8, Республика Казахстан
E-mail: kabarzhan.zhenisbai@mail.ru*

Фитомеланин – уникальный компонент растительного происхождения, полученный из лужки подсолнечника, обладающий фото- и радиопротекторным действием, эффективно защищающий кожу от повреждающего воздействия УФ-лучей разной длины волны. Меланин содержится в любых живых организмах, в том числе и в растениях. Выявлено, что препараты с меланином предотвращают язвообразование, снижают число кровоизлияний в слизистой желудка и препятствуют уменьшению общей массы тела в условиях стресса. Присутствие меланина в пищевых продуктах и изделиях способствует их длительному хранению. Водные экстракты, стабилизированные фитомеланином, дают возможность получить принципиально новую по своим свойствам лечебную косметику. Поиск путей получения фитомеланинов из отходов растительного сырья является актуальной задачей, стоящей перед научным сообществом. Коллективом исследователей предложен способ получения водорастворимых фитомеланинов из подсолнечной лужки, являющейся отход масличного производства. Основным этапом получения является щелочная экстракция, протекающая при температуре 120 °С в течение 1 ч. В качестве экстрагента предложено использовать раствор едкого натра различной концентрации. Полученный экстракт подкисляют раствором соляной кислоты до pH 1,0 – 2,0, отделяют, нейтрализуют и сушат. Для полученной субстанции подтвердили меланоидных характер с помощью качественных реакций, определили адсорбционную способность по отношению к метиленовой сини. Налучшие образцы имели активность от 50 до 79 мг/г сухого вещества. С помощью модельной тест-системы из желтка куриного яйца была определена общая антиоксидантная активность, которая составила от 10% до 28%. Полученная субстанция может быть использована в качестве лечебно-профилактического препарата или биологически активной добавки к пище.

Ключевые слова: фитомеланины, лужка подсолнечника, общая антиоксидантная активность, адсорбционная способность, стабилизатор, фотопротектор

Как цитировать

Иванова, Л. А., Фоменко, И. А., Сергеева, Д. А., Чурмасова, Л. А., & Кабаржан, Ж. К. (2019). Разработка технологий получения фитомеланинов на отходах масличного производства. Health, Food & Biotechnology, 1(2), 245. <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s245>

Введение

В настоящее время ученые всего мира уделяют особое внимание вопросу биотехнологической и химической переработки промышленных и сельскохозяйственных отходов, в частности – остатков целлюлозосодержащего сырья. Повышенный интерес к этой теме связан с потребностью утилизировать внушительные объемы образующихся отходов и с возможностью получения вторсырья. В качестве многофункционального вторичного материала можно использовать подсолнечную лузгу – отход масличного производства.

Лузга является отходом 5-ого класса опасности (наименьшая угроза для окружающей среды), и представляет собой одревесневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с большим постоянством химического состава и физико-механических свойств (Кузнецова и др., 2019; Kunwar et al., 2012; Nakata et al., 2007). Этот крупнотоннажный отход создает многочисленные экологические проблемы, а именно, потребность значительных площадей для захоронения, возможность возгорания, загрязнение территорий при нарушении хранения и транспортировки.

Подсолнечная лузга содержит 1,4% богатого углеродом чрезвычайно устойчивого пигмента фитомелана, значительное количество пентозанов (23,6 – 28%), клетчатки (52 – 66%), лигнина (24,8 – 29,6%), целлюлозы (31 – 42,4%) и является сырьем для производства кормов в сельском хозяйстве. Лузгу добавляют в компост при выращивании грибов (Иванова и др., 2008; Kahlos et al., 1986; Park et al., 2007), используют в качестве удобрения, подстилки для сохранения тепла и при мульчировании почвы (Hung et al., 2002; Pugh et al., 2005), применяют в изготовлении декоративных материалов, используют как сырье для гидролизной промышленности, альтернативное топливо (гранулы из лузги), сорбционные материалы и лигноцеллюлозное сырье.

Существующие способы переработки подсолнечной лузги, к сожалению, не столь масштабны, и не способны переработать тот крупнотоннажный объем отходов, который вырабатывают масличные предприятия. Эти отходы скапливаются в колоссальных количествах, загрязняют почву и требуют дополнительных площадей для складирования. Микробная биоконверсия подсолнечной лузги затруднительна в связи с наличием большого количества лигнина в ее составе, который является ингибитором большинства гидролитических ферментов микроорганизмов (Adams et al., 1994; Keles

and Özdemir, 2018; Schweitzer et al., 2010). Вышеуказанные факты говорят о том, что данный отход представляет экологическую проблему для окружающей среды и в связи с этим, научное сообщество во всем мире разрабатывает новые способы использования этого целлюлозосодержащего сырья.

На сегодняшний день один из перспективных методов использования подсолнечной лузги – это получение из нее биополимера растительного происхождения – меланина (Shin, 2000), обладающего высокой биологической активностью и рядом фармакологических свойств (Юасифов, 1987; El-Obeid et al., 2006; Jana and Mukherjee, 2004; Zheng et al., 2010). Это обуславливает возможность разработки на основе меланинов, выделенных из лузги подсолнечника, новых технологий получения антиоксидантов, ингибиторов радикальных реакций, сорбентов и биостимуляторов (Островский и Донцов, 1985; El-Obeid et al., 2006; Oberg et al., 2009).

Меланины – высокомолекулярные пигменты, характеризующиеся антиоксидантной активностью, а также радио-, УФ-, гастро- и гепатопротекторной активностью. Особая ценность этих веществ заключается именно в их высокой антиоксидантной активности. А, значит, меланины могут быть использованы для производства лечебно-профилактических препаратов, биологически активных и пищевых добавок, а также в качестве антиоксидантов в пищевой и химической отраслях промышленности (Севрюкова & Кириченко, 2016).

На данный момент известно, что меланины участвуют в репарации ДНК, процессах функционирования дыхательной цепи (как акцептор электронов), участвуют в нейромедиаторных процессах при многочисленных патологических нарушениях функциональных структур нейронов и имеют способность нейтрализовать продукты перекисного окисления липидов (Shujing et al., 2015).

Данные высокомолекулярные пигменты бывают животного, микробного (в отдельную категорию выделяют меланины, полученные из грибной биомассы – микомеланины) и растительного происхождения (фитомеланины).

Для получения меланинов применяют биотехнологические способы, с использованием грибов и бактерий, которые обеспечивают относительно стабильный выход и хорошее качество продукта. В качестве перспективного источника фитомеланинов выступает растительное темноокрашенное сырье.

В рационе человека фитомеланины встречаются во многих продуктах питания: черный хлеб, какао, черные грибы, гречневая крупа и др., и постоянно поступают в организм в их естественном нерастворимом виде. Для производственного получения фитомеланинов перспективным сырьем являются различные растительные отходы пищевых и кормовых производств. Примером такого сырья является лузга подсолнечника, лузга гречихи, кофейная гуща, виноградные и свекольные выжимки и др. (Chung, 2010; Shin et al., 2001)¹.

Меланины малоспособны к процессу диффузии через клеточные стенки. Для полноты их извлечения при экстрагировании из растительного сырья нужно стремиться к максимально возможному в допустимых условиях измельчению материала, чтобы нарушить целостность большего числа клеток для максимального выхода пигмента. Измельчение сырья улучшает его смачиваемость, что облегчает проникновение экстрагента в сырье и извлечение экстрактивных веществ из сырья.

В щелочной среде фитомеланины обладают наибольшей растворимостью, то есть с увеличением рН среды увеличивается диссоциация ионогенных групп меланинов. При этом гидрофильные ионогенные группы частиц меланина ориентируются наружу, а гидрофобные участки внутрь частиц. Наличие электрического заряда приводит к значительной гидратации и разобщению частиц меланинов и повышению их растворимости (Grossi, 1998).

В настоящее время в России количество вырабатываемой подсолнечной лузги достигает 200 тыс. т в год. Высокая биологическая активность фитомеланинов подсолнечной лузги обуславливает возможность применения этого растительного пигмента в пищевой промышленности в качестве антиоксиданта и красителя.

Настоящие разработки представляют большой научный интерес, так как безопасность и функциональность пищевых продуктов являются первостепенными задачами промышленности (Baladaykin & Zmitrovich, 2015; De-Paula et al., 2013).

Предлагаемое техническое решение в данной статье, позволит повысить эффективность использования отходов масличного производства и удовлетворить растущий спрос на меланин с замещением импортных поставок.

Методика исследования

Материалы

Исходным субстратом для получения водорастворимых фитомеланинов была лузга, образующаяся в процессе лущения семян подсолнечника, являющихся основным сырьем в масличных производствах.

Оборудование

В исследованиях по данной тематике использовалось следующее оборудование:

- автоклав (стерилизатор паровой вертикальный) ВК-75 для щелочной экстракции фитомеланинов;
- роторная ударная мельница Retsch SR 200 ;
- аквадистиллятор ДЭ-25 ;
- фотоэлектроколориметр КФК-3;
- центрифуга лабораторная Eppendorf Mini Spinplus;
- шкаф сушильный 2В-151;
- весы лабораторные ОНАУС РХ-822/Е
- ультратермостат ТW 2.02
- фотоэлектроколориметр КФК-3

Методы

Щелочную экстракцию фитомеланинов вели с использованием растворов едкого натра различной концентрации. Общая схема получения экстракта включала следующие стадии:

1. Приготовление суспензии подсолнечной лузги при гидромодуле 1:8,5, в качестве дисперсной среды используются растворы едкого натра, концентрацией от 0,5 до 10%;
2. Выдерживание суспензии при температуре (120±1) °С в течение 1 ч;
3. Отделение экстрагента от нерастворимого осадка;
4. Повторная экстракция при аналогичных условиях;
5. Объединение полученных фильтратов, содержащих фитомеланины.

Для получения водорастворимых фитомеланинов экстракты подкисляли раствором соляной кислоты до рН 1 – 2, при этом наблюдалось образование творожистого осадка. Осадок отделяли на центрифуге в течение 10 мин при 7000 об/мин, затем разводили дистиллированной водой в соотношении 1:4, рН полученного раствора доводили до 7,0 и вы-

¹ Dadachova, E., Casadevall, A. Oral administration of melanin for protection against radiation. Patent. USA. - W02012129047 (A1) – 2012 – 09 - 27.

сушивали суспензию при $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$ до влажности не более 6%.

Методы качественного анализа фитомеланинов

1. При добавлении к раствору фитомеланинов раствора пероксида водорода должно происходить обесцвечивание.
2. При добавлении к раствору фитомеланинов раствора перманганата калия наблюдается образование раствора с зеленой окраской, с последующим выпадением осадка и обесцвечиванием раствора.
3. При добавлении к раствору фитомеланинов хлорида железа наблюдается выпадение хлопьевидного осадка и его растворение в избытке реактива.

Адсорбционная способность

Адсорбционную способность полученных фитомеланинов определяли спектрофотометрическим методом. Для этого 100 мг субстанции, предварительно растертой в ступке, помещали в колбу на 100 см^3 с притертой пробкой, прибавляли 20 см^3 раствора А метиленового синего (188 мг метиленового синего в мерной колбе доводят до объема 250 см^3 дистиллированной водой), закрывали пробкой и перемешивали в течение 1 ч на магнитной мешалке. Суспензию центрифугировали в течение 15 мин при 6000 об/мин. 1 см^3 надосадочной жидкости помещали в мерную колбу на 100 см^3 , доводили раствор до метки дистиллированной водой (испытываемый раствор).

Измеряли оптическую плотность раствора Б (1 см^3 раствора А доводят до 200 см^3 дистиллированной водой) и испытуемого раствора на спектрофотометре при длине волны 655 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду.

Адсорбционную способность (X), в миллиграммах метиленового синего в пересчете на 1 г, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(C - C_1) \times 1000 \times 100}{a \times (100 - W)}, \quad (1)$$

где C – содержание метиленового синего в аликвоте раствора А в мг,

$$C = \frac{a_0 \times 20 \times P}{250 \times 100} = \frac{a_0 \times P}{1250}, \quad (2)$$

C_1 – остаточное содержание метиленового синего в растворе после взаимодействия с препаратом в мг,

$$C_1 = \frac{A \times a_0 \times 1 \times 100 \times 20 \times P}{A_0 \times 250 \times 200 \times 1 \times 100} = \frac{A \times a_0 \times P}{A_0 \times 2500}, \quad (3)$$

(A – оптическая плотность испытуемого раствора; A_0 – оптическая плотность раствора Б; P – содержание метиленового синего в субстанции в пересчете на безводное вещество, в процентах; W – потери массы при высушивании испытуемой субстанции, в %, a_0 – навеска метиленового синего в мг; a – навеска субстанции в мг).

Определение общей антиоксидантной активности

Определение антиоксидантной активности (АОА) осуществляли с использованием модельной системы, представляющей собой суспензию липопротеидов желтка (ЖЛП) куриных яиц, помещенную в среду для проведения реакции перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Для приготовления модельной системы из куриного яйца выделяли желток, подсушивали его на фильтровальной бумаге, а затем растворяли его в равном объеме фосфатного буфера ($40\text{ мМ KH}_2\text{PO}_4 + 105\text{ мМ KCl}$, pH 7,5). Полученную суспензию ЖЛП перед использованием разводили в 25 раз тем же буфером.

Исследование проводили следующим образом: к 0,6 г фитомеланинов добавляли 1 см^3 суспензии ЖЛП, затем 3 см^3 1% ортофосфорной кислоты. Перекисное окисление липидов во всех пробах инициировали добавлением $0,1\text{ см}^3$ раствора сернокислого железа ($30\text{ мг FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 10 см^3 дистиллированной воды). Контрольная проба не содержала образцов фитомеланинов. Пробы тщательно перемешивали и инкубировали в ультратермостате при 37°C в течение 20 мин.

Скорость перекисного окисления липидов определяли по количеству накопившихся ТБК-продуктов (малоновый диальдегид), реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Для этого в каждую пробирку добавляли по 1 см^3 0,6% тиобарбитуровой кислоты. Содержимое пробирок снова перемешивали и помещали в кипящую водяную баню на 20 мин. Далее пробирки охлаждали, добавляли в них по 4 см^3 бутанола, тщательно перемешивали и центрифугировали 10 мин при 3000 об/мин. Оптическую плотность верхней (бутанольной) фазы измеряли при длине волны 540 нм с помощью фотоэлектроколориметра КФК-3, длина оптического пути – 5 мм. В качестве раствора сравнения использовали чистый бутиловый спирт.

Расчет содержания продуктов, реагирующих с ТБК, проводили с учетом коэффициента молярной экстинкции малонового диальдегида, равного $1,56 \cdot 10^5$ моль $^{-1}$ см $^{-1}$:

$$A = \frac{E_{\text{оп}} \cdot 10^6 \cdot 4}{1,56 \cdot 10^5 \cdot 0,5} = E_{\text{оп}} \cdot 51,3, \quad (4)$$

где A – содержание МДА (в мкмоль/л или нмоль/см 3); 4 – объем бутанольной фазы; 0,6 – масса пробы фитомеланинов; $E_{\text{оп}}$ – оптическая плотность.

Антиоксидантную активность (АОА) в процентах рассчитывали по формуле:

$$\text{АОА} = \frac{E_{\text{контр}} - E_{\text{обр}}}{E_{\text{контр}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $E_{\text{контр}}$ – оптическая плотность контрольного раствора, $E_{\text{обр}}$ – оптическая плотность испытуемого образца.

Процедура исследования

На первом этапе исследовали влияние степени измельчения подсолнечной лузги на массу экстрагируемых меланинов. Для этого готовили навески исходной подсолнечной лузги и лузги измельченной с использованием бытовой кофемолки Bosch и роторной ударной мельницы Retsch SR 200. Были получены частицы 3-х различных размеров.

Далее было проведено исследование, показавшее зависимость между концентрацией экстрагента и массой полученных водорастворимых фитомеланинов.

Результаты

При исследовании влияния степени измельчения подсолнечной лузги на экстракцию меланинов лузга измельчалась на бытовой кофемолке Bosch, до получения частиц шириной 1-3 мм, длиной 2-5 мм. и на роторной ударной мельнице Retsch SR 200, где были получены частицы, размер которых не превышал 100 мкм. Для исследования были приготовлены суспензии трех вариантов измельчения подсолнечной лузги при гидромодуле 1:8,5, в качестве дисперсной среды использовали 4% раствор NaOH. Суспензии выдержали в автоклаве при (120 ± 1) °C в течение 1 ч, затем фильтровали, pH фильтратов доводили до значения 1,0 соляной кислотой, полученный осадок отделяли центрифугированием в течение 15 мин при 7000 об/мин. К осадку добав-

ляли 4 объема дистиллированной воды и доводили pH до 7,0. Полученную суспензию высушивали до остаточной влажности не более 6%. Данные о массе полученных водорастворимых фитомеланинов представлены в таблице 1.

После установления эффективного способа размола подсолнечной лузги необходимо было определить оптимальную концентрацию экстрагента фитомеланинов. С этой целью были приготовлены суспензии подсолнечной лузги, измельченной с помощью роторной ударной мельницы Retsch SR 200, при гидромодуле 1:8,5. В качестве дисперсной среды использовали растворы едкого натра следующих концентраций (в %): 0,5; 1; 2; 4; 6; 8; 10. Экстрагирование и получение водорастворимых фитомеланинов проводили аналогично условиям, указанным в первой части исследований. Данные о выходе полученных водорастворимых фитомеланинов и их адсорбционной способности представлены в таблице 2.

Для всех полученных субстанций был подтвержден меланоидный характер, определена адсорбционная способность и антиоксидантная активность с использованием модельной тест-системы.

Обсуждение полученных результатов

По данным таблицы 1 можно сделать вывод об оптимальной степени измельчения исходного субстрата для получения водорастворимых фитомеланинов. Очевидно, что увеличение площади соприкосновения твердой и жидкой фазы повышает степень экстрагирования фитомеланинов. При использовании роторной ударной мельницы Retsch SR 200 получают частицы, позволяющие в 100 раз увеличить выход целевого продукта по сравнению с неизмельченной лузгой.

При исследовании оптимальной концентрации экстрагента было определено, что наибольший выход меланинов по отношению к исходному субстрату составляет 72,78% при использовании 10% раствора едкого натра, понижение концентрации приводит к снижению выхода целевого продукта. По сравнению с работой отечественных исследователей² количество полученных водорастворимых фитомеланинов в 7 - 9 раз выше. Ключевым отличием описанного способа является использование растворов едкого натра большей концентрации и выдерживание при температуре 120 °C. В тоже время,

² Грачева, Н. В., Желтобрюхов, В. Ф., & Голованчиков, А. Б. (2017). Способ получения меланина из лузги подсолнечника. RU 2613294 C1 Заявка: 2016115275 от 2016.04.19.

Таблица 1

Влияние степени измельчения подсолнечной лузги на выход водорастворимых фитомеланинов

Вариант размола	Выход водорастворимых фитомеланинов по отношению к исходной массе лузги, %
Неизмельченная лузга	0,25
Измельченная с использованием бытовой кофемолки Bosch	2,91
Измельченная с использованием роторной ударной мельницы Retsch SR 200	25,87

Таблица 2

Влияние концентрации экстрагента на выход и свойства водорастворимых фитомеланинов

Концентрация NaOH, %	Выход водорастворимых фитомеланинов по отношению к исходной лузге, %	Адсорбционная способность, мг метиленовой сини/г субстанции	Антиоксидантная активность, %
0,5	0,53	71,35	-
1	1,87	75,61	-
2	9,35	77,25	-
4	26,89	82,71	28,2
6	34,90	75,65	26,4
8	37,09	53,23	18,5
10	72,78	48,38	10,9

показатель общей антиоксидантной активности в 3 – 4 раза ниже, чем в способе описанном Грачевой и др. Э то объясняется тем, при предложенной нами обработке происходит экстрагирование сопутствующих веществ, не обладающих антиоксидантной активностью.

Стоит отметить, что максимальное значение (82,71 мг метиленовой сини/ г субстанции) адсорбционной способности получено в субстанции, где в качестве экстрагента использовался 4% раствор NaOH, это можно объяснить тем, что при использовании более концентрированного экстрагента повышается экстракция сопутствующих веществ, не относящихся к группе фитомеланинов. Данный показатель коррелирует с данными о меланагах гриба чаги, описанных Chung et al, 2018.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования подсолнечной лузги в качестве сырья для получения водорастворимых фитомеланинов. Предложена технология щелочной экстракции с последующим осаждением меланинов соляной кислотой. Фитомеланины из подсолнечной лузги обладают высокой адсорбционной и антиоксидантной активностями, что позволяет использовать их в качестве биологически активных добавок к пище или вводить в рецептуры пищевых продуктов.

В будущих исследованиях целесообразно разрабо-

тать технологию получения водорастворимых фитомеланинов, используя для их осаждения минеральные или органические кислоты, разрешенные для применения в пищевой промышленности (ортофосфорная, лимонная, яблочная, молочная кислоты).

Природные меланины, содержащиеся в животных и растительных клетках, обладают высокой антиоксидантной активностью. Именно, благодаря этому свойству, они представляют большой интерес для производства функциональных продуктов здорового питания. Подсолнечная лузга может быть технологичным и экономически эффективным источником получения чистого фитомеланина в промышленном производстве.

Литература

- Иванова, Г. А., Докторов, Л. Ю., Сыроева, М. А., & Кутырев, Г. А. (2008). Использование азотосодержащего гиперразветвленного полимера для повышения антиоксидантной активности меланинов чаги. *Химия растительного сырья*, 2, 75–80.
- Кузнецова, О. Ю., Шаехов, М. Ф., & Зиятдинова, Г. К. (2019). Экстракты и меланины чаги, полученный после плазменной обработки сырья. *Ученые записки казанского университета*, 161(2), 211-221. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.2.211-221>
- Островский, М. А., & Донцов, А. Е. (1985). Физиологические функции меланина в организме. *Физи-*

- ология человека, 11(4), 670-678.
- Северюкова, Г. А., & Кириченко, М. А. (2016). Получение меланина на основе отходов маслоэкстракционного производства. *Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета*, 1, 125.
- Юасифов, Э. Ю. (1987). Влияние меланина на свободно – радикальное состояние гамма – облученных белков и липидов. *Радиобиология*, 27(1), 8-11.
- Adams, R., Van Bogaert, L., & Ecken, H. (1994). Striatonigral degeneration. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 23, 584–593.
- Balandaykin, M. E., & Zmitrovich, I. V. (2015). Review on chaga medicinal mushroom, *Inonotus obliquus* (higher basidiomycetes): Realm of medicinal applications and approaches on estimating its resource potential. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 17(2), 95–104. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.v17.i2.10>
- Chung, M. J. (2010) Anticancer activity of subfractions containing pure compounds of Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) extract in human cancer cells and in Balbc/c mice bearing Sarcoma-180 cells. *Nutrition research and practice*, 4(3), 177–182. <https://doi.org/10.4162/nrp.2010.4.3.177>
- De-Paula, O. C., Marzinek, J., & Oliveira, D. M. T. (2013). The role of fibres and the hypodermis in *Compositae* melanin secretion. *Micron*, 44, 312–316.
- El-Obeid, A., Al-Harbi, S., AL-Jomah, N., & Hassib, A. (2006). Herbal melanin modulates tumor necrosis factor alpha (TNF-alpha), interleukin 6 (IL-6) and vascular endothelial growth factor (VEGF) production. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 13(5), 324–333.
- El-Obeid, A., Hassib, A., Pontén, F., & Westermarck, B. (2006). Effect of herbal melanin on IL-8: a possible role of Toll-like receptor 4 (TLR4). *Biochemical and Biophysical research communications*, 344(4), 1200–1206.
- Grossi, G.F., Durante, M., & Gvalanella, G. (1998). Effects of melanin on high-LET radiation response of human epithelial cells. *Radiation and environmental biophysics*, 37, 63–67.
- Hung, Y. C., Sava, V. M., Makan, S. Y., Chen, T. H. J., Hong, M. Y, & Huang, G. S. (2002). Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chemistry*, 78, 233-240.
- Jana, B., & Mukherjee, S. (2004). Notes on the distribution of phytomelanin layer in higher plants—a short communication. *Journal of Pharmaceutical Biology*, 4(3), 131–132.
- Kahlos, K., Kangas, L., & Hiltunen, R. (1986). Antitumor activity of triterpenes in *Inonotus obliquus*. *Planta Medica*, 52, 554.
- Keles, Y., & Özdemir, Ö. (2018). Extraction, purification, antioxidant properties and stability conditions of phytomelanin pigment on the sunflower seeds. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5(2), 140-148. <https://doi.org/10.21448/ijsm.377470>
- Kunwar, A., Adhikary, B., Jayakumar, S., Barik, A., Chattopadhyay, S., Raghukumar, S., & Priyadarsini K. (2012). Melanin, a promising radioprotector: Mechanisms of actions in a mice model. *Toxicology and Applied Pharmacology* 264(2), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2012.08.002>
- Nakata, T., Yamada, T., Taji, S., Ohishi, H., Wada, S., Tokuda, H., Sakuma, K., & Tanaka, R. (2007). Structure determination of inonotsuoxides A and B and in vivo anti-tumor promoting activity of inotodiol from the sclerotia of *Inonotus obliquus*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 15(1), 257–264.
- Oberg, F., Haseeb, A., Ahnfelt, M., Ponten, F., Westermarck, B., & El-Obeid, A. (2009). Herbal melanin activates TLR 4/NF-kappa B signaling pathway. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 16(5), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.10.008>
- Park, K.I., Ishikawa, N., Morita, Y. Choi, J.D., Hoshino, A., Iida, S. (2007). A bHLH regulatory gene in the common morning glory, *Ipomoea purpurea*, controls anthocyanin biosynthesis in flowers, proanthocyanidin and phytomelanin pigmentation in seeds, and seed trichome formation. *The Plant Journal*, 49(4), 641–654.
- Pugh, N., Balachandran, P., Lata, H., Dayan, F., Joshi, V., Bedir, E., Makino, T., Moraes, R., Khan, I., & Pasco, D. (2005). Melanin: dietary mucosal immune modulator from Echinacea and other botanical supplements. *International Immunopharmacology*. 5(4), 637–647.
- Schweitzer, A., Revskaya, E., Chu, P., Pazo, V., Friedman, M., Nosanchuk, J., Cahill, S., Frases, S., Casadevall, A., & Dadachova, E. (2010). Melanin-covered nanoparticles for protection of bone marrow during radiation therapy of cancer. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 78(5), 1494–1502. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2010.02.020>
- Shin, Y., Tamai Y., & Terazawa M. (2000). Chemical constituents of *Inonotus obliquus* III. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2(3), 201–207.
- Shin, Y., Tamai, Y., & Terazawa, M. (2001). Triterpenoids, steroids and a new sesquiterpen from *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Bond, et Sing. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4(3), 250-256.
- Shujing, S., Zhang, X., Sun, S., Zhang, L., Shan, S., &

- Zhu, H. (2015). Production of natural melanin by *Auricularia auricula* and study on its molecular structure, *Food Chemistry*, 190, 801-807.
- Zheng, W., Miao, K., Liu, Y., Zhao, Y., Zhang, M., Pan, S., & Dai, Y. (2010). Chemical diversity of biologically active metabolites in the sclerotia of *Inonotus obliquus* and submerged culture strategies for up-regulating their production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(4), 1237–1254. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2682-4>

Development of Technologies for Producing Phytomelanines on Waste Oil Production

Lyudmila A. Ivanova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: biotech@mgupp.ru*

Ivan A. Fomenko

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
JSC "Biokhimmash"
4 Klara Cetkin str., Moscow, 127299, Russian Federation
E-mail: iv.fomenko@mail.ru*

Darya A. Sergeeva

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: d.sergeeva98@mail.ru*

Lyudmila A. Churmasova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: ludmila-churmasova@yandex.ru*

Zhenisbai Kabarzhhan

*Kazakh National Agrain University
8 Abay ave., Almaty, 050010, Kazakhstan
E-mail: kabarzhhan.zhenisbai@mail.ru*

Phytomelanin is a unique [M1] component of plant origin, obtained from the husks of sunflower, having photo and radioprotective effects, effectively protecting the skin from the damaging effects of UV rays of different wavelengths. Melanin is found in all living organisms, including plants. Revealed that preparations with melanin prevent ulceration, reduce the number of hemorrhages in the stomach mucosa and prevent a decrease total body weight in stress condition. The presence of melanin in food products and products contributes to their long-term storage. Water extracts stabilized with phytomelanin gives a possibility to obtain healing cosmetics that are fundamentally new in their properties. The search for ways to obtain phytomelanins from plant waste is an actual task facing the scientific community. A collective of researchers has proposed a method for producing water-soluble phytomelanins from sunflower husk, which is an oilseed waste. The main stage of obtaining is alkaline extraction, continuing at a temperature of 120 ° C for 1 h. It is offered to use a solution of caustic soda with various concentration as an extractant. The resulting extract acidified with a solution of hydrochloric acid to a pH of 1.0 to 2.0, separated, neutralized and dried. For the obtained substance confirmed the character of melanoid using qualitative reactions, and the adsorption ability with relation to methylene blue was determined. The best exemplars had activity from 50 to 79 mg / g dry matter. Via a model test system from chicken yolk, the total antioxidant activity was determined, which ranged from 10% to 28%. The resulting substance can be used as a therapeutic drug or biologically active food supplement.

Keywords: phytomelanin, husks of sunflower, total antioxidant activity, adsorption ability, stabilizer, photoprotector

How to Cite

Ivanova, L. A., Fomenko, I. A., Sergeeva, D. A., Churmasova, L. A., & Kabarzhhan, Z. (2019). Development of Technologies for Producing Phytomelanines on Waste Oil Production. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2), 245. <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s245>

References

- Ivanova, G. A., Doktorov, L. Yu., Sysoeva, M. A., & Kuttyrev, G. A. (2008). Using a nitrogen-containing hyperbranched polymer to increase the antioxidant activity of chaga melanins. *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2, 75–80.
- Kuznetsova, O. Yu., Shaekhov, M. F., & Ziyatdinova, G. K. (2019). Extracts and melanins of chaga obtained after plasma processing of raw materials. *Uchenye zapiski kazanskogo universiteta* [Scientific notes of Kazan University], 161(2), 211–221. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.2.211-221>
- Ostrovsky, M. A., & Dontsov, A. E. (1985). Physiological functions of melanin in the body. *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology], 11(4), 670–678.
- Sevryukova, G. A., & Kirichenko, M. A. (2016). Production of melanin based on waste oil extraction production. *Promyshlennaya ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti» Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Industrial Ecology and Life Safety "Volgograd State Technical University], 1, 125.
- Yusifov, E. Yu. (1987). Influence of melanin on the free radical state of gamma-irradiated proteins and lipids. *Radiobiology [Radiobiology]*, 27(1), 8–11.
- Adams, R., Van Bogaert, L., & Ecken, H. (1994). Striatonigral degeneration. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 23, 584–593.
- Balandaykin, M. E., & Zmitrovich, I. V. (2015). Review on chaga medicinal mushroom, *Inonotus obliquus* (higher basidiomycetes): Realm of medicinal applications and approaches on estimating its resource potential. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 17(2), 95–104. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.v17.i2.10>
- Chung, M. J. (2010) Anticancer activity of subfractions containing pure compounds of Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) extract in human cancer cells and in Balbc/c mice bearing Sarcoma-180 cells. *Nutrition research and practice*, 4(3), 177–182. <https://doi.org/10.4162/nrp.2010.4.3.177>
- De-Paula, O. C., Marzinek, J., & Oliveira, D. M. T. (2013). The role of fibres and the hypodermis in *Compositae* melanin secretion. *Micron*, 44, 312–316.
- El-Obeid, A., Al-Harbi, S., AL-Jomah, N., & Hassib, A. (2006). Herbal melanin modulates tumor necrosis factor alpha (TNF-alpha), interleukin 6 (IL-6) and vascular endothelial growth factor (VEGF) production. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 13(5), 324–333.
- El-Obeid, A., Hassib, A., Pontén, F., & Westermarck, B. (2006). Effect of herbal melanin on IL-8: a possible role of Toll-like receptor 4 (TLR4). *Biochemical and Biophysical research communications*, 344(4), 1200–1206.
- Grossi, G.F., Durante, M., & Gvalanella, G. (1998). Effects of melanin on high-LET radiation response of human epithelial cells. *Radiation and environmental biophysics*, 37, 63–67.
- Hung, Y. C., Sava, V. M., Makan, S. Y., Chen, T. H. J., Hong, M. Y, & Huang, G. S. (2002). Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chemistry*, 78, 233–240.
- Jana, B., & Mukherjee, S. (2004). Notes on the distribution of phytomelanin layer in higher plants—a short communication. *Journal of Pharmaceutical Biology*, 4(3), 131–132.
- Kahlos, K., Kangas, L., & Hiltunen, R. (1986). Antitumor activity of triterpenes in *Inonotus obliquus*. *Planta Medica*, 52, 554.
- Keles, Y., & Özdemir, Ö. (2018). Extraction, purification, antioxidant properties and stability conditions of phytomelanin pigment on the sunflower seeds. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5(2), 140–148. <https://doi.org/10.21448/ijsm.377470>
- Kunwar, A., Adhikary, B., Jayakumar, S., Barik, A., Chattopadhyay, S., Raghukumar, S., & Priyadarsini K. (2012). Melanin, a promising radioprotector: Mechanisms of actions in a mice model. *Toxicology and Applied Pharmacology* 264(2), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2012.08.002>
- Nakata, T., Yamada, T., Taji, S., Ohishi, H., Wada, S., Tokuda, H., Sakuma, K., & Tanaka, R. (2007). Structure determination of inonotsuoxides A and B and in vivo anti-tumor promoting activity of inotodiol from the sclerotia of *Inonotus obliquus*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 15(1), 257–264.
- Oberg, F., Haseeb, A., Ahnfelt, M., Ponten, F., Westermarck, B., & El-Obeid, A. (2009). Herbal melanin activates TLR 4/NF-kappa B signaling pathway. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 16(5), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.10.008>
- Park, K.I., Ishikawa, N., Morita, Y. Choi, J.D., Hoshino, A., Iida, S. (2007). A bHLH regulatory gene in the common morning glory, *Ipomoea purpurea*, controls anthocyanin biosynthesis in flowers, proanthocyanidin and phytomelanin pigmentation in seeds, and seed trichome formation. *The Plant Journal*, 49(4), 641–654.
- Pugh, N., Balachandran, P., Lata, H., Dayan, F., Joshi, V., Bedir, E., Makino, T., Moraes, R., Khan, I., & Pasco, D. (2005). Melanin: dietary mucosal immune modulator from Echinacea and other botanical supplements. *International Immunopharmacology*. 5(4), 637–647.
- Schweitzer A., Revskaya E., Chu P., Pazo V., Friedman

- M., Nosanchuk J., Cahill S., Frases S., Casadevall A., Dadachova E. (2010). Melanin-covered nanoparticles for protection of bone marrow during radiation therapy of cancer. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 78(5), 1494–1502. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2010.02.020>
- Shin Y., Tamai Y., Terazawa M. (2000). Chemical constituents of *Inonotus obliquus* III. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2(3), 201–207.
- Shin Y., Tamai Y., Terazawa M. (2001). Triterpenoids, steroids and a new sesquiterpen from *Inonotus obliquus* (Pers.: Fr.) Bond. et Sing. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4(3), 250-256.
- Shujing, S., Zhang, X., Sun, S., Zhang, L., Shan, S., Zhu, H. (2015). Production of natural melanin by *Auricularia auricula* and study on its molecular structure, *Food Chemistry*, 190, 801-807.
- Zheng W., Miao K., Liu Y., Zhao Y., Zhang M., Pan S., Dai Y.. (2010). Chemical diversity of biologically active metabolites in the sclerotia of *Inonotus obliquus* and submerged culture strategies for up-regulating their production. *Appl Microbiol Biotechnol*, 87(4), 1237–1254. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2682-4>

Физиология питания: учебник / Е.Д. Амбросьева. КНОРУС 2018. 306 с. ISBN 978-5-406-05926-5

Лаптева Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

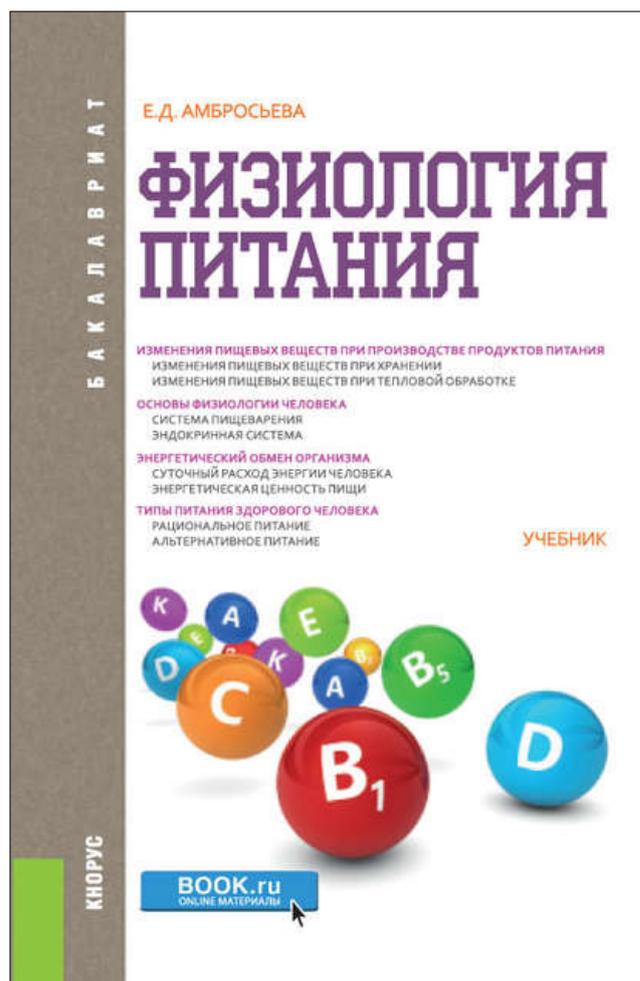
E-mail: laptevaea@mgpp.ru

Учебник «Физиология питания» предназначен для студентов высшего образования и среднего профессионального образования. Его содержание полностью соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по подготовки выпускников по специальности «Товароведение», а также для других технологических направлениях пищевого профиля, содержит необходимые дидактические требования, предусмотренные программой указанной образовательной дисциплины.

Учебник содержит современные данные о биологической роли и значении основных пищевых веществ, классифицирует факторы, определяющие потребности различных групп населения в пищевых веществах. Актуальность темы не вызывает сомнения. Автор дает общие сведения о строении и функционировании организма человека, анализируют представления о типах питания здорового человека для сохранения и поддержания работоспособности. Особое внимание уделяется химическим соединениям, не относящимся к пищевым веществам, и способные нейтрализовать и расщеплять токсические вещества, входящие в состав пищи. Проанализированы и химические вещества, входящие в состав натуральных продуктов, которые тормозят усвоение нутриентов, так называемые антиферменты. В учебнике акцентированы вопросы организации диетического и лечебно-профилактического питания рабочих, занятых на производствах с вредными условиями труда.

Структура учебника включает предисловие, 9 глав, список литературных источников, и приложения. Такой объем позволил автору с оптимальной полнотой осветить общие вопросы физиологии питания.

Во введении Е.Д. Амбросьева представляет обзор литературы по проблематике, историю развития науки о питании в мире и в России в частности. Анализ литературных источников автор начинает с периода античной Греции и средневековья, когда



врачи утверждали о важности питания, выделяли отдельные требования к питанию людей разных возрастных групп, о том что количество принимаемой пищи зависит от многих факторов, таких как возраст, вес, гендерная принадлежность.

В XVII- XVIII вв. внимание ученых сфокусировалось на развитие химии, физики, экспериментальной медицины, что стало толчком к огромному вкладу в развитие науки о питании. В России в XIX в. видными отечественными учеными (А.П.Доброславин,, И.П.Павлов, Н.И.Лунин, А.А.Покровский, А.М. Уголев) также активно изучались закономерности

Как цитировать

Лаптева, Е. А. (2019). Физиология питания: учебник / Е.Д. Амбросьева. КНОРУС 2018. 306 с. ISBN 978-5-406-05926-5. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s259>

физиологических процессов пищеварения. Автор успешно продемонстрировал во введение ход развития науки физиология питания

В главе «Пищевые вещества и их значение в питании» автор освещает функции органических и неорганических веществ, их химическую структуру, а также биологическую и пищевую ценность нутриентов и дает характеристику химическим элементам, их необходимое количество и значение в живом организме. Автор достаточно подробно и понятно объясняет строение и значение аминокислот, их участие в построение собственных белковых молекул, подробно дана оценка каждой аминокислоте в частности, их функции, источник и ежедневная потребность человека, что является несомненным плюсом в данной главе.

Автором структурно описано строение и функции липидов и углеводов. Дана физиологическая оценка влияния чрезмерного употребления углеводов и/или жиров на организм человека. Подробно описана классификация микро- и макроэлементов, витаминов и их роль в жизнедеятельности организма, представлены актуальные рекомендованные ежедневные дозировки для физиологически нормальной деятельности организма человека. Плюсом данной главы является список традиционно российских пищевых продуктов с количественным содержанием ряда витаминов.

Е.Д. Амбросьева приводит результаты обственных исследований функций воды, свидетельствующих, что вода помимо прочих функций, способна запоминать не только информацию о химическом веществе, растворенном в воде, но и слова, и мысли человека. Данный абзац, считаю не нужным, так как является гипотезой автора и вызывает многочисленные вопросы.

Вызывают интерес приведённые экспериментальные данные о характеристике растворов, соприкасающихся с антибиотиками. После многократного разведения, эти растворы демонстрируют полное отсутствие антибиотиков, превращаясь, таким образом, в «нулевые растворы». Этими растворами обрабатывали различные живые организмы и наблюдали такой же эффект как и при обработке растворами с терапевтической дозой антибиотика. Автор углубляет представления об исследуемом явлении, однако, приведенные исследования вызывают много вопросов и требуют дальнейшего уточнения.

В Главе 2 «Изменение пищевых веществ при производстве продуктов питания» приводится

описание изменений, которые претерпевают продовольственное сырьё и продукты питания при их технологической обработке и хранении. Автором рассматриваются изменения пищевых веществ при тепловой обработке, холодильной обработке, а также микробиологические процессы, протекающие в пищевых продуктах при несоблюдении санитарно-гигиенических правил и условий хранения, вызванные бактериями, плесневыми грибами, дрожжами и другими микроорганизмами. Данная тема является весьма значимой, так как безопасность продовольственного сырья и продуктов питания является условием здоровья населения. Автору удалось в данной главе избежать громоздких словесных конструкций, что является плюсом для понимания материала.

Глава 3 «Основы физиологии питания», посвященная анатомии и физиологии пищеварительной системы, а также других систем организма человека, таких как опорно-двигательная система, сердечно-сосудистая система итд. представлена с позиций недостаточности знаний только о строение и процессах, протекающих в органах пищеварения. Логика материала подчеркивает, что невозможно составить представление о многообразии процессах жизнедеятельности всего организма в целом, необходимо исходить из конкретных функциональных систем организма человека. Представляется, вместе с тем, что данный подход, наоборот, затрудняет понимание представленной информации системно. Безусловной заслугой автора является очень подробное и структурное описание анатомии и физиологии пищеварения. Существенным недостатком работы является отсутствие иллюстраций, что затрудняет понимание топографического строения органов желудочно-кишечного тракта, а также строения органов пищеварения. Отмеченный недочет работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланием к дальнейшей работе автора.

Глава 4 «Энергетический обмен организма» посвящена обмену веществ в организме. Кратко описан энергетический обмен, без детализации процесса, что затрудняет понимание данного обмена, тогда как указанный процесс является основным при выработке энергии. Представление метаболизма в виде схемы, значительно бы упростило его понимание обучающимися.

В Главе 5 «Типы питания здорового человека» приводятся рациональный и альтернативные типы питания. Автором достаточно подробно представлены типы питания. Нутрициология является динамично и мощно развивающейся фундамен-

тальной клинической наукой. Данное направление обоснованно стала востребованным практически всеми клиническими и профилактическими дисциплинами, благодаря своим универсальным лечебным и профилактическими возможностями. Структура современной диетологии включает: 1) рациональное (адекватное) питание 2) лечебно-профилактическое питание. Автором данной материал представлен не последовательно. Сначала дано описание рационального питания, далее особенностей питания различных групп населения и следующей главой лечебно-профилактическое питание. Альтернативные типы питания представлены полно с выделением плюсов и минусов конкретного типа питания.

Комментируя лечебное голодание, автор высказывает мнение о его опасности для здоровья человека. Но еще в 2016 году Есинори Осуми получил Нобелевскую премию за открытие процесса аутофагии в клетках, которая присуща живым организмам. Благодаря ей клетки избавляются от ненужных частей, а организм в целом - от ненужных клеток. Его открытия открыли путь к пониманию фундаментальной важности аутофагии для множества физиологических процессов, таких как адаптация к голоду и ответ на инфекцию. Аутофагия начинает работать наиболее интенсивно, когда организм испытывает стресс, например, голод. Если и рассуждать об опасности голодания, то можно утверждать, что голодание опасно, когда в остальное время человек питается не сбалансированно.

В Главе 6 «Дифференцированное питание различных групп населения» дается характеристика факторов, определяющих потребности человека в пищевых веществах и энергии. Указаны современные физиологические потребности в пищевых веществах в зависимости от пола, возраста, трудовой деятельности, географического региона проживания, физиологических особенностей конкретного организма, таких как беременность, кормление грудью и т.д.

В Главе 7 «Лечебно-профилактическое питание» дается характеристика лечебно-профилактического питания при различных заболеваниях. Автор уделяет пристальное внимание «эпидемии» 21 века - сахарному диабету. Распространение диабета приняло молниеносный характер: по некоторым прогнозам, к середине века от него будут страдать до трети жителей США и Россия не отстает от данной статистики (KDOQI, 2007). Основной прирост составляет диабет 2-го типа, который связывают с избыточным весом и неправильным питанием. На ранних стадиях врачи рекомендуют кон-

тролировать его с помощью лечебного питания. В главе также дана оценка лечебно-профилактического питания рабочих, занятых на производствах с вредными условиями труда. И это правомерно, так как профилактика профессиональных заболеваний является одной из важнейших государственных и медицинских задач.

В 8 Главе учебника «Защитные и токсические компоненты пищи» рассматриваются защитные и токсические компоненты, относящиеся к пищевым веществам. В этом же разделе дается характеристика авитаминозов и антиферментов, которые могут частично или полностью снижать активность и всасывание ферментов и витаминов. Несомненным достоинством этих разделов является структурированное изложение учебного материала, представленного в удобной для восприятия и изучения материала форме.

9 глава «Генетически модифицированные продукты питания» посвящена генетически модифицированным продуктам питания. Автору удалось выявить и раскрыть основные проблемы данной темы. Автор справедливо отмечает, что активное развитие биотехнологий привело к образованию генной инженерии, и одной из ее задач является создание генетически модифицированных организмов (ГМО). Применение генно-инженерных технологий позволяет многократно ускорить процесс создания новых сортов растений по сравнению с традиционной селекцией и получить заданное свойство или признак. Автор справедливо отмечает, что вместе с таким признаком измененный организм приобретает целый набор новых качеств, предсказать которые невозможно вследствие недостаточной изученности механизмов регуляции работы генома. В научных экспериментах было выявлено, что генно-модифицированное сырье угнетает иммунную систему, обладает повышенным аллергическим потенциалом. Данная глава достаточно подробно демонстрирует, что на сегодняшний день, использование генетически модифицированного пищевого сырья остается до конца не изученным.

Книга написана хорошим литературным языком, включает значительный объем дополнительного материала. Многочисленные таблицы не только улучшают восприятие читателем изложенного материала, но и обуславливают определенную дидактическую направленность в осмыслении конкретных разделов. Учебник содержит контрольно-измерительные материалы в конце каждой главы в виде контрольных вопросов и заданий, что дает возможность проверить свои знания.

Литература

KDOQI (2007). KDOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for Diabetes

and Chronic Kidney Disease. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*, 49(2 Suppl 2), S12–S154. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2006.12.005>

