

ISSN 2712-7648

HEALTH, FOOD & BIOTECHNOLOGY

VOLUME 4 • ISSUE 1 • MARCH 2022



HFB
HEALTH, FOOD & BIOTECHNOLOGY

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

■ **ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР****Балыхин Михаил Григорьевич**

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

■ **ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА****Абдуллаева Асият Мухтаровна**

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

Бычков Алексей Леонидович

Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Россия

Данильчук Татьяна Николаевна

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

Игнар Штефан

Варшавский университет естественных наук, Польша

Игнатенко Григорий Анатольевич

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, ДНР

Кириш Ирина Анатольевна

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

Налетов Андрей Васильевич

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, ДНР

Сагян Ашот Серобович

Научно-производственный центр «Армбиотехнология», НАН РА, Республика Армения

Самбандам Ананадан

Национальный институт технологий, Индия

Северинов Константин Викторович

Институт молекулярной генетики РАН, Институт биологии гена РАН, Россия

Фриас Йезус

Дублинский технологический институт, Ирландия

Цыганова Татьяна Борисовна

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

Щетинин Михаил Павлович

Московский государственный университет пищевых производств, Россия

EDITORIAL BOARD

**EDITOR-IN-CHIEF****Mikhail G. Balykhin**

Moscow State University of Food Production, Russia

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD****Asiyat M. Abdullaeva**

Moscow State University of Food Production, Russia

Aleksey L. BychkovInstitute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Russia**Tatyana N. Danilchuk**

Moscow State University of Food Production, Russia

Jesus Frias

Dublin Institute of Technology, Ireland

Stefan Ignar

Warsaw University of Life and Sciences, Poland

Grigory A. Ignatenko

Donetsk National Medical University, DPR

Irina A. Kirsh

Moscow State University of Food Production, Russia

Andrey V. Nalyotov

Donetsk National Medical University, DPR

Ashot S. Saghyan"Armbiotechnology" Scientific and Production Center NAS RA,
National Academy of Sciences of the Republic of Armenia,
Armenia**Anandan Sambandam**

National Institute of Technology of Tiruchirappalli, India

Konstantin V. Severinov

Institute of Gene Biology Russian Academy of Sciences, Russia

Mikhail P. Schetinin

Moscow State University of Food Production, Russia

Tatyana B. Tsyganova

Moscow State University of Food Production, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКТОРСКАЯ СТАТЬЯ

М. А. Косычева, Е. В. Тихонова

Аннотация исследовательской статьи: стратегии построения и оптимизации 6

ЗДОРОВЬЕ

А. В. Налетов

Ограничительные типы питания в детском возрасте — вред или польза? 16

Ю. А. Полковникова, О. С. Гуцина

Перспективы разработки твёрдых дисперсных систем антибиотиков: Обзор предметного поля 24

ПИТАНИЕ

Б. М. Гусейнова, М. Д. Абдулгамидов, Р. Т. Мусаева

Пищевая ценность интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в условиях предгорной плодовой зоны Дагестана 34

Е. Ю. Егорова, Аюб Э.

Состояние и перспективы использования масла Аргании колючей в питании и диетотерапии..... 44

БИОТЕХНОЛОГИИ

Е. М. Подгорбунских, К. В. Доме, В. А. Бухтояров, А. Л. Бычков

Х-гау дифракция для выявления фальсификатов крахмала и определения степени кристалличности полиморфных модификаций..... 62

CONTENT

EDITORIAL

M. A. Kosycheva, E. V. Tikhonova

Research Article Abstract: Construction and Optimization Strategies 6

HEALTH

A. V. Nalyotov

Restrictive Types of Nutrition in Childhood — Harm or Benefit? 16

Y. A. Polkovnikova, O. S. Gushchina

Prospects for the development of solid dispersed systems of antibiotics: Scoping review 24

FOOD

B. M. Guseinova, M. D. Abdulgamidov, R. T. Musaeva

Nutritional Value of Introduced Cherry Varieties in Conditions of Foothill Fruit Zone of Dagestan 34

E. Yu. Yegorova, Elguendaoui Ayoub

The state and prospects of the use of *Argania spinosa* oil in nutrition and diet therapy 44

BIOTECHNOLOGY

E. M. Podgorbunskikh, K. V. Dome, V. Bukhtoyarov, A. L. Bychkov

X-ray Diffraction for Detecting Starch Adulteration and Measuring the Crystallinity Indices of the Polymorphic Modifications of Starch 62

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s135>

Аннотация исследовательской статьи: стратегии построения и оптимизации

М. А. Косычева, Е. В. Тихонова

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств». Москва, Россия

Корреспонденция:

Косычева Марина Александровна,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»,
адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11,
E-mail: kosychevama@mgupp.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 03.03.2022

Принята: 18.03.2022

Опубликована: 30.03.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Аннотация является системоопределяющим элементом научной статьи. Именно от ее качества, во многом, зависит дальнейшая судьба статьи. Неинформативные аннотации снижают видимость статьи, дестабилизируют ее продвижение. Несмотря на структурную прозрачность аннотации, искусство ее составления требует оттачивания навыков.

Цель. Данная редакторская статья знакомит авторов со стратегиями построения аннотации исследовательской статьи и способами ее оптимизации.

Материалы и методы. На основании анализа источников по теме авторами было представлено и проиллюстрировано описание оптимальной структуры аннотации эмпирической статьи для журналов предметным полем которых является сельское хозяйство и биологические науки. Далее указанная структура была отслежена на примере аннотаций опубликованных статей с комментированием их сильных и слабых сторон.

Результаты. Представлены этапы написания аннотации исследовательской статьи по сельскохозяйственным и биологическим наукам. Проанализировано преимущество структурированной аннотации, которая отражает информацию об актуальности, масштабах и методологии исследования, основных полученных результатах и выводах.

Выводы. Примеры, представленные в данной редакторской статье, помогут авторам оптимизировать аннотации своих исследовательских статей для продвижения в наукометрических базах данных и повышения цитируемости их работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

структура аннотации, эмпирическая статья, жанровый анализ, риторическая структура



Для цитирования: Косычева, М. А., & Тихонова, Е. В. (2022). Аннотация исследовательской статьи: стратегии построения и оптимизации. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 6–15. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s135>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s135>

Research Article Abstract: Design and Optimization Strategies

Marina A. Kosycheva, Elena V. Tikhonova

Moscow State University of Food
Production, Moscow, Russia

Correspondence:

Marina A. Kosycheva,

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

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 03.03.2022

Accepted: 18.03.2022

Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Abstract is a system-defining element of a research article. Moreover, the further visibility of the article depends on its quality. Uninformative abstracts also reduce the visibility of the article, destabilize its dissemination. Despite the structural transparency of the abstract, the art of its composition requires some special skills.

Purpose. The purpose of this editorial is to acquaint authors with strategies for constructing a research article abstract and ways to optimize it.

Materials and Methods. Having analyzed the literature on the topic, the authors presented and illustrated a description of an optimal structure of a research article abstract for journals in the field of agriculture and biological sciences. Further, this structure was traced on the examples of abstracts of already published articles with comments on their strengths and weaknesses.

Results. The stages of writing a research article abstract in agricultural and biological sciences are presented. The advantage of a structured abstract which reflects information about the relevance, scope and methodology of the study, the main results and conclusions is analyzed.

Conclusions. The examples presented in this editorial will help authors optimize the abstracts of their research articles, make them visible in literature databases and increase the citation of their work.

KEYWORDS

abstract structure, research article, genre analysis, rhetorical structure



To cite: Kosycheva, M. A., & Tikhonova, E. V. (2022). Research article abstract: design and optimization strategies. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 6–15. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s135>

ВВЕДЕНИЕ

Являясь визитной карточкой статьи, аннотация призвана дать лаконичное, но исчерпывающее описание всего содержания статьи. Поскольку большая часть потенциальных читателей принимает решение о необходимости подробного ознакомления с рукописью именно на основании текста аннотации, искусство ее составления приобретает максимальную значимость. Аннотация пишется, следуя заданным требованиям и, что немаловажно, ограничивается определенным количеством слов, что создает дополнительные трудности для авторов (Swales & Feak, 2009; Hyland, 2000). Корректно составленная аннотация транслирует ключевые аспекты, позволяющие просканировать качество научной статьи еще до ее прочтения. И если после ознакомления с аннотацией читатель не может однозначно прокомментировать в чем актуальность и новизна исследования, каковы его цель и методология, каковы основные полученные результаты и сферы их применения, можно констатировать, что автор(ы) не справились с поставленной задачей.

Традиционно выделяют ряд факторов, доказывающих исключительную роль аннотации в композиционной структуре статьи. Во-первых, с нее начинается знакомство редактора с поданной для публикации рукописью (Ren & Li, 2011). И даже если редактор направит статью со слабой аннотацией на рецензирование, рецензенты могут отклонить рукопись, апеллируя к низкому качеству аннотации. Во-вторых, ознакомившись с аннотацией читатель оценивает статью и только после этого принимает решение — продолжать чтение или нет (Wallwork, 2013). В-третьих, в случае платной подписки, решение о платном доступе к тексту статьи также принимается после прочтения аннотации (Pho, 2008).

Исследователи посвятили анализу особенностей написания аннотации значительное количество работ, многие из которых анализировали риторическую структуру¹ аннотации (Wijaya & Ardi, 2022; Swales & Feak, 2009; 2013). Структурирование аннотации исследовательской статьи подверглось исследованию и с точки зрения различных предметных областей. Согласно полученным данным, в прикладной лингвистике (Can et al, 2016), технических науках (Gheinani & Tabatabaei, 2018; San & Tan, 2012), экономике (Mocanu, 2015; Zanina, 2017) и медицине (Gustilo et al, 2021) компоненты аннотации сходны, но могут и варьироваться (например, в зависимости от предметной области исследования). Структу-

ру аннотации эмпирической статьи изучали в контексте принадлежности авторов к разным языковым культурам. Исследователи выявили, что структура аннотации исследовательской статьи зависит от того, является ли английский язык для авторов родным или нет (Tosalo, 2021). Языковая организация² аннотации и распределение метадискурсивных маркеров³ также находится в исследовательском фокусе (Gustilo et al, 2021; Hyland, 2005; Gillaerts & Van de Velde, 2010). Интересно, что авторы уделяют наибольшее внимание описанию целей, методологии и результатов исследования. Метадискурсивные же маркеры чаще всего встречаются в результатах (обсуждении результатов), так как именно в этом разделе авторы стремятся управлять информационным потоком, и таким образом повлиять на предполагаемую интерпретацию (Gustilo et al, 2021).

Аннотация исследовательской статьи выполняет четыре основные функции, выступая как: (1) микро-текст, представляющий собой краткое изложение исследования; (2) инструмент оценивания значимости статьи; (3) предварительный обзор в качестве вспомогательного средства для чтения; (4) вспомогательное средство индексации, облегчающее процесс поиска в больших базах данных (Huckin, 2006). Представляя статью, аннотация играет ключевую роль в её продвижении, поэтому авторам, а особенно начинающим, очень важно изучить риторические модели⁴ и лингвистические особенности написания аннотации.

В рамках данной редакционной статьи мы проанализируем этапы написания аннотации к исследовательским статьям по сельскохозяйственным и биологическим наукам и проиллюстрируем их конкретными примерами, чтобы отследить их специфику в рамках исследований по указанной теме и предоставить авторам ориентиры по созданию успешной аннотации.

¹ Согласно теории риторической структуры, организация текста является основой для его анализа, при этом текст представляет собой не просто ряд предложений, а состоит из иерархически организованных групп предложений, которые находятся в различных отношениях друг с другом (Mann & Thompson, 1988).

² Языковая организация основывается на соблюдении принятой терминологии и логической последовательности научного изложения

³ Под метадискурсивными маркерами подразумеваются все виды текстовых ресурсов, которые используются, чтобы показать отношения последовательности и логической связности в тексте, чтобы читатель мог прочитать, систематизировать, понять и проинтерпретировать информацию или содержание текста.

⁴ Риторическая модель обеспечивает точку опоры, которую читатели могут использовать для отслеживания мысли автора — что они говорят и почему они это говорят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Первую группу источников составили исследования, посвященные риторической структуре аннотаций. Источники подбирались в базе данных Скопус таким образом, чтобы дать освещение основам теории риторического построения текста и продемонстрировать существующие модели риторического построения текста.

Вторую группу источников составили статьи из предметного поля сельское хозяйство и биологические науки, отобранные в качестве иллюстративного материала для анализа.

Методы

Источники первой группы подбирались итеративным способом обоими авторами с тем, чтобы представить наиболее конструктивное описание риторической структуры статьи.

Источники второй группы подбирались таким образом, чтобы описываемое в них исследование вносило существенный вклад в науку, но их аннотация, при этом, могла предоставить возможности по ее оптимизации для иллюстрации возможностей риторической структуры построения текста.

Процедура исследования

На первом этапе исследования авторы независимо друг от друга в контексте итеративного процесса произвели поиск в международной базе данных Скопус по ключевым словам: «research article abstract», «research article abstract rhetorical structure», «abstract moves and steps». Отобранные источники каждый из авторов анализировал по отдельности с тем, чтобы предоставить максимально прозрачное описание моделей структурирования аннотаций. На втором этапе исследования авторы обсудили подобранные источники и в дискуссии отобрали максимально полезные для нужд исследования. На третьем этапе исследования было составлено описание моделей структурирования аннотаций. На четвертом этапе исследования авторы независимо друг от друга в контексте итеративного процесса подобрали статьи по проблематике сельского хозяйства и биологических наук для иллюстрации структурных компонентов аннотации. На пятом этапе исследования в ходе дискуссии между авторами были отобраны наиболее удачные для иллюстрирования аннотации. Шестой этап исследования был посвящен анализу трех аннотаций из уже опубликованных статей. Аннотации так же подбирались в контексте

итеративного процесса авторами независимо друг от друга с тем, чтобы в ходе совместного обсуждения отобрать наиболее удачные с точки демонстрации особенностей риторического построения текста в аннотации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Структурирование аннотации

При написании аннотации исследовательской статьи авторы чаще всего пользуются тремя структурными моделями: Bhatia (1993), Hyland (2000), and Pho (2008). Все указанные модели, в первую очередь, включают определение того пробела в знании, который необходимо заполнить, описание самого исследования, его цель, методы, которые будут использоваться, и важные результаты, полученные в ходе исследования.

Модель Pho (2008) наиболее активно используется в аннотациях исследовательских статей по лингвистике и образовательным технологиям. Она включает три обязательных компонента: (1) введение в тему исследования, (2) описание методологии исследования и (3) описание полученных результатов.

Согласно модели Bhatia (1993), любая аннотация должна содержать информацию о четырех особенностях исследовательской статьи. Эти особенности включают в себя действия (что), которые сделал автор(ы), способы (как) выполнялись эти действия, результаты исследования и заключение. Соответственно, данная модель состоит из четырех компонентов: (1) представление цели, (2) описание методологии, (3) подведение итогов, (4) представление выводов. Tocalo (2021) и Santos (1996), опираясь на модель аннотации V. Bhatia, полагают, что исследователь при написании аннотации должен ответить на следующие вопросы: (1) Что известно об области/теме исследования? (2) О чем исследование? (3) Как проводилось исследование? (4) Что обнаружил исследователь? (5) Что означают результаты? И что они могут означать?

Каждый вопрос, по сути, воплощает один из пяти структурных компонентов следующей модели-модели Hyland (2000). Анализ исследований аннотаций в разных предметных областях (Can et al, 2016; Gustilo et al, 2021; Gheinani & Tabatabaei, 2018) демонстрирует, что большинство исследователей тяготеют к модели Hyland (2000), которая состоит из пяти структурных компонентов (1) Introduction (Введение), (2) Purpose (Цель), (3) Method (Методика), (4) Product (Результат), (5) Conclusion (Вывод).

Первый компонент (Введение) призван обосновать значимость исследования, а также привлечь интерес к теме (Swales & Feak, 2012). Здесь авторы должны предоста-

вить справочную информацию, результаты предыдущих исследований по теме, чтобы определить место исследования среди других подобных. Цель — продемонстрировать максимальную социальную значимость исследования и заинтересовать потенциального читателя. Эта цель достигается последовательной реализацией трех шагов, а именно: (а) обобщить предыдущие исследования, (б) представить обобщение темы (state of the art) и (в) описать проблему, указав на определенный пробел. В аннотации цитирование исследований других авторов крайне нежелательно. Отсюда — необходима тщательная работа с языковым воплощением информации в контексте академического письма.

Например, *Загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к чрезмерному содержанию тяжелых металлов в рисе и других продовольственных культурах, что оказывает серьезное воздействие на экологическую среду и здоровье человека. В последние годы большое внимание привлекают экологически безопасные методы обработки, которые снижают биодоступность тяжелых металлов в почве почвенными микроорганизмами, улучшают устойчивость риса к тяжелым металлам и снижают перенос тяжелых металлов из корней в надземные части риса*⁵ (Mao et al., 2022).

Второй компонент описывает основную цель исследования. И его также можно реализовать несколькими способами: во-первых, заявить тему исследования, а во-вторых, напрямую указать на цели исследования или исследовательские вопросы. Например, *В этой статье рассматриваются роль и механизм почвенных микроорганизмов в смягчении воздействия тяжелых металлов в рисе в стране и за рубежом в последние годы* (Mao et al., 2022).

Третий компонент сфокусирован на методике описываемого исследования. Он обычно описывается в прошедшем времени. Описание методики включает комментирование методов (дизайн исследования и описание его методологии, анализ данных, процедура сбора этих данных, инструментов исследования), материалов (предоставление информации об объекте исследования), испытуемых (описание участников исследования), процедуры (пошаговой последовательности исследования). Вся информация представляется крайне лаконично. Например, *В данной статье четыре широко распространенных коммерческих сорта молока, включая козье молоко, молоко буйвола, молоко коров голштинской породы и молоко коров джерсейской породы, были успешно профилированы и дифференцированы друг от друга с помощью масс-спектрометрии с быстрой испарительной ионизацией (REIMS) в сочетании с хемометрическим анализом* (Cui et al., 2022).

Четвертый компонент сообщает и обобщает результаты исследования. Чаще всего авторы используют определенные выражения, которые служат сигналом: «в целом», «в сумме», «в более общем виде», «вообще». Конкретные результаты чаще передаются с использованием наречий «в особенности», «в частности», «во-первых», «во-вторых» и т. д. Результаты представляются ёмкими фразами, позволяющими понять нюансы, но не перегружающими читателей избыточной информацией. Например, *Результат показывает, что 57,5 % респондентов на этих фермах никогда раньше не применяли технологии точного земледелия, а 20 % являются новичками в своих областях. Было обнаружено отсутствие статистически значимых различий в интеграции между меньшим количеством технологий в менее благоприятных районах и более благоприятных районах и их использованием в этом исследовании. Большинство опрошенных фермеров считают, что основные изменения должны произойти на уровне политики государств. Результаты показывают, что уровень затрат или первоначальных инвестиций является основной причиной и основным препятствием при внедрении технологий точного земледелия в обследованных хозяйствах* (Rakun et al., 2022).

Пятый компонент (Обсуждение) подразумевает не только подведение итогов исследования, и представление конкретных выводов и рекомендаций, но призван показать, как полученные результаты вписываются в существующее знание по проблеме. Написать данную часть аннотации проще всего интерпретируя результаты исследования, демонстрируя их значимость, и давая рекомендации для последующих исследований (Wijaya & Ardi, 2022). Например, *Результаты настоящей работы позволяют предположить, что предложенный метод может служить эталоном для распознавания мошенничества с молочными продуктами, связанными с определёнными видами животных, и расширить область применения технологии масс-спектрометрии с быстрой испарительной ионизацией* (Cui et al., 2022).

Gustilo et al. (2021) указывает, что компоновка аннотаций исследовательских статей отличаются в разных дисциплинах. Например, в аннотациях исследовательских статей в области технических наук наиболее частотными являются компоненты Введение, Методика и Результат, тогда как Вывод не является обязательным и встречается крайне редко (San & Tan, 2012; Gustilo et al, 2021). Вместе с тем, отсутствие авторской оценки описываемых результатов, на наш взгляд, снижает персуазивность представления информации. Исключение отдельных компонентов из структуры аннотации может быть воспринято в качестве сигнала о том, что автор просто не способен их составить, или плохо владеет материалом.

⁵ Здесь и далее перевод авторов.

Особое внимание редакторы уделяют сегодня «механическому» структурированию аннотации (выделения внутри аннотации структурных компонентов не только по смыслу, но и с помощью соответствующих подзаголовков). Наш редакторский опыт позволяет заключить, что понимание необходимости логического структурирования аннотации и его реальное воплощение воспринимаются авторами (в том числе и опытными) неоднозначно. Как результат, страдает информативность аннотации. Читатели вынуждены в такой ситуации достраивать недовыстроенный авторами контекст с опорой на собственный опыт и понимание. Включение же в структуру аннотации подзаголовка однозначно указывает на необходимость внесения конкретной информации, вербализованной напрямую. Для контекста просто не остается места, а аннотация позволяет получить все ответы на все предварительные вопросы по статье. Плюс, для читателя навигация по аннотации упрощается максимально.

Анализ риторической структуры аннотации

Проанализируем аннотацию статьи Белецкого С. Л., Лозе В.В., Гурьевой К. Б., Костроминой Т. Г. «Особенности изменения температуры пристенных слоев зерна пшеницы при хранении в силосах элеваторов» (Белецкий и соав., 2022). Авторы данной статьи не структурируют аннотацию (мы выделили подзаголовки, исходя из характера представленной информации), что усложняет ее восприятие. Сразу отметим, что авторы провели серьезное и значимое исследование, вносящее существенный вклад в изучаемую проблему. Однако аннотация к статье с описанием исследования в случае следования авторами модели Hyland (2004) стала бы намного информативнее.

Введение аннотации гласит: *Проведение исследований для уточнения механизма миграции температуры внутри железобетонных силосов актуально, так как в литературе приведено мало данных по исследованию динамики изменения внутренних температур в железобетонных силосах, к тому же они получены достаточно давно.*

Авторы используют термин «актуально». Термин позволяет напрямую заявить о необходимости проведения исследования, но аннотация только выиграла бы, используя авторы только вторую часть предложения (в литературе приведено мало данных по исследованию динамики изменения внутренних температур в железобетонных силосах, к тому же они получены достаточно давно). Именно эта часть предложения дает понимание фокуса будущего исследования. Усилила бы введение аннотации и конкретная информация относительно давности уже опубликованных исследований. Понима-

ние же — почему уточнения механизма миграции температуры внутри железобетонных силосов представляет значительный интерес для научного знания, так же очень украсило бы начало аннотации. Авторы всегда должны ориентироваться на читателей, обладающих разным уровнем экспертности в теме. Отсюда — авторское видение проблемы, изложенное во введении аннотации максимально прицельно вводит читателей в логику автора. Опираясь на представленную автором(ами) информацию, именно читатели должны определить, насколько она актуальна. Не стоит использовать слова — актуальный, новаторский и т.д.

Далее следует описание цели исследования: *Цель экспериментальных исследований — изучение динамики изменения температуры зерна в центре силоса традиционным способом с помощью термоподвесок, а также по горизонтальным слоям, определение толщины пристенного зернового слоя подверженного наибольшему нагреванию/охлаждению, а также выделения в нём критического слоя.*

Такое описание цели не позволяет читателю понять в чем новизна подхода. Какой пробел в знании исследование призвано заполнить. Не понятно — ЗАЧЕМ авторы проводят исследование. Отсюда, очевидно, что если бы Введение к аннотации подвело читателей к пониманию существующего пробела в знании и необходимости проведения исследования, то и вопрос ЗАЧЕМ? На втором шаге не возник бы.

Следующий компонент «Методы» объединен с подразделом «Результаты» и реализован через описание процедуры исследования: *В статье представлен анализ результатов мониторинга температурного режима хранения пшеницы с помощью измерительной системы из термогигрометров (логгеров) типа DS1923-F5. Исследования проведены в течение годового цикла в наружных силосах элеватора, расположенного в умеренном климате Западно-Сибирской климатической области. Изучено распределение температур по вертикали силосов по трем уровням (верхний, средний и нижний), распределение температур по горизонтали силосов (на разном расстоянии от стенки силоса от 5 до 75 см). Сделан сравнительный анализ данных температурного режима в силосах, расположенных с южной и северной сторон элеватора. Получены новые оригинальные данные с термогигрометров, которые статистически обработаны. Определена толщина пристенного слоя зерновой массы, наиболее подверженного нежелательным температурным воздействиям для наружных силосов южной и северной сторон элеватора. пристенных слоёв зерна и отстоящих от наружной стены до одного метра.*

Представляется более корректным не объединять структурные компоненты аннотации. По-прежнему не

понятно, зачем авторы провели исследование и насколько значимы полученные авторами результаты. Что нового они привносят в существующее знание?

Структурный компонент «Выводы» представлен через интерпретацию результатов исследования: Показано, что наиболее критичным с более высокой температурой является верхний уровень, где необходимо более тщательно контролировать качество зерна. Средний и нижний уровни находятся в более благоприятных температурных условиях сохранности. К наиболее критичным горизонтальным слоям зерна (т.е. имеющим в летний период температуру выше 15 °С) на нижнем уровне отнесены слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 35 см, а на верхнем уровне все слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 75 см (Белецкий и соав., 2022).

Поскольку новизна исследования не была детально обоснована авторами, то и потенциал использования полученных знаний не очевиден.

Второй проанализируем аннотацию исследования Тринеевой О.В. «Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации». Аннотация структурирована, удобна для ознакомления, а ее информативность представляется более очевидной:

Введение. Облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.), произрастающая в диком виде и широко культивируемая на территории РФ выделяется стабильно высоким урожаем плодов и имеет важное значение в технологии пищевых производств, косметических средств, животноводстве, а также в фармацевтической промышленности. Облепиху используют как в народной медицине, так и для производства официнальных лекарственных растительных препаратов (ЛРП). Комплекс биологически активных веществ (БАВ) плодов облепихи включает большое количество классов различных соединений. Согласно действующей нормативной документации (НД), хранение свежих плодов облепихи крушиновидной осуществляется в замороженном виде в бочках до 6 месяцев. Однако, продолжительность хранения, в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к стандартизации лекарственного растительного сырья (ЛРС) и ЛРП, должна определяться с учетом стабильности БАВ в сырье. В связи с этим актуальным является изучение стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов консервации.

Объекты и методы исследования. Сырьем для проведения анализа служили цельные свежие плоды облепихи крушиновидной, заготовленные на территории Центрального Черноземья РФ (Воронежская область) в

период с 2013 по 2020 гг. Для оценки стабильности БАВ и обоснования норм показателей качества при создании современной НД на плоды облепихи крушиновидной высушенные и замороженные использовали также различные способы консервации плодов (сушка и заморозка). Идентификацию БАВ в изучаемом сырье проводили методом ТСХ. Количественное определение суммы различных БАВ в пересчете на тот или иной компонент проводилось спектрофотометрически (СФМ) и титриметрически. Оценивали также микробиологическую чистоту исследуемых образцов и содержание микотоксинов.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что при замораживании плодов количество БАВ снижается: антоцианов — на 60–70 %, флавоноидов и дубильных веществ — на 40–60 %, каротиноидов — на 5–15 %, органических кислот — на 5–7 % по сравнению со свежими плодами. При высушивании плодов наиболее заметно сокращается количество антоцианов, содержание флавоноидов, органических кислот снижается почти на 50 %, тогда как содержание каротиноидов, микроэлемента кальция и полисахаридов существенно не изменяется. Содержание же суммы свободных аминокислот (АК) и гидроксикоричных кислот (ГКК), также как и в замороженном сырье, имеет тенденцию к возрастанию.

Выводы. Изучено влияние способа консервации ЛРС на содержание в плодах облепихи крушиновидной комплекса веществ полифенольной природы, аминокислот, витамина С, каротиноидов и органических кислот и выявлены общие закономерности. На основании изучения динамики содержания БАВ в процессе хранения замороженных плодов рекомендованы сроки хранения — 9 месяцев в морозильной камере при температуре не выше –18 °С (Тринеева, 2022).

Однако, при более тщательном анализе данной аннотации становится очевидным, что автор не указала цель своего исследования, а лишь упомянула о том, что «изучение стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов консервации» является актуальным (Тринеева, 2022). Обоснование же цели и исследовательского вопроса с указанием новизны подхода автора еще более усилило бы воздействие аннотации на читателя.

Рассмотрим еще один пример аннотации Хилл и соавторов (2022) к статье «Modelling livestock infectious disease control policy under differing social perspectives on vaccination behaviour». Авторы не структурируют аннотацию, однако при чтении, легко обнаружить логику повествования и проследить четкое следование структуре и наличие всех необходимых компонентов. Авторы вводят читателя в курс их исследования и поясняют его актуальность: Распространение инфекции среди домашнего скота зависит не только от характеристик

самих возбудителя и домашнего скота, но также от обеспечения фермерами ветеринарно-санитарных норм и от того, как это влияет на внедрение системы защитных мероприятий. Контроль, требующий больших затрат, может позволить людям полагаться на предлагаемые меры защиты, но это может оказаться недостаточным для популяции. Отсутствие учета социально-поведенческих свойств может привести к существенному искажению моделей инфекционных заболеваний. После этого авторы знакомят читателя с целью своего исследования: Мы исследовали роль неоднородности вакцинного ответа среди фермеров на эпидемические вспышки среди скота, вызванные возбудителями с разной скоростью распространения на обширных территориях ферм двух графств Англии (Камбрия и Девон). Пояснив цель своей работы, авторы сообщают какими методами они пользовались: При различном составе трех групп вакцинируемых (профилактическая, реакционная, непривитые) мы оценили с точки зрения популяции и индивидуума оптимальное пороговое расстояние до помещений с подтвержденной инфекцией, которое вызвало бы реакцию на вакцину группой реакционно привитых. Далее авторы сообщают о полученных результатах: Мы демонстрируем расхождение между популяцией и индивидуумами при определении оптимального масштаба реактивного ответа вакцинированных добровольцев. В целом, минимизация затрат на уровне популяции требует более широкого положительного эффекта от вмешательства, в то время как оптимизация результатов для среднестатистического индивидуума увеличивает вероятность более масштабных вспышек заболеваний. Когда относительная стоимость вакцинации была низкой, в большинстве хозяйств была проведена профилактическая вакцинация, когда же был принят подход, оптимизирующий исход для отдельного человека, на выходе мы получили более широкую пространственную протяженность реактивного ответа по сравнению с

подходом, направленным на оптимизацию исходов для всех в популяции. После чего авторы обсуждают полученные результаты и плавно подводят читателя к выводам: В нашем предполагаемом эпидемиологическом контексте результаты указывают на восприимчивость к вмешательствам в отношении болезней скота и комбинации затрат, где можно было бы ожидать сильного несоответствия между строгостью вмешательства, с точки зрения заинтересованного лица, ответственного за поддержку отрасли животноводства, по сравнению с единственным владельцем скота. Если такие разногласия ожидаются и достигается консенсус по различиям в подходах, выводы могут также информировать тех, кто управляет политикой в области ветеринарно-санитарных норм, о необходимом снижении стоимости вмешательства и/или необходимой степени формирования благоприятного отношения сообщества к подобным вмешательствам.

ВЫВОДЫ

Несмотря на мнение ученых о том, что исследовательские статьи по техническим наукам не должны строго следовать риторической структуре аннотации и могут включать в свою структуру только обязательные подразделы Введение, Методы и Результаты, отражение всех необходимых структурных подразделов повышает читабельность и информативность аннотации, сразу же погружает читателя в логику прочтения исследования авторами. Приведенный анализ призван помочь авторам журнала составлять максимально эффективные аннотации, способные промотировать описанные в статьях исследования и служить реальным инструментом развития научного знания по теме.

ЛИТЕРАТУРА

- Белецкий, С. Л., Лоозе, В. В., Гурьева, К. Б., & Костромина, Т. Г. (2022). Особенности изменения температуры пристенных слоев зерна пшеницы при хранении в силосах элеваторов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 55–73. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.278>
- Тринеева, О. В. (2022). Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 32–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.269>
- Bhatia, V. (1993). *Analysing genre: Language use in professional settings*. Longman.
- Can, S., Karabacak, E., & Qin, J. (2016). Structure of moves in research article abstracts in applied linguistics. *Publications*, 4(3), 23–39. <https://doi.org/10.3390/publications4030023>
- Cui, Y., Ge, L., Lu, W., Wang, Sh., Li, Y., Wang, H., Huang, M., Xie, H., Liao, J., Tao, Y., Luo, P., Ding, Y.-Y., & Shen, Q. (2022). Real-time profiling and distinction of lipids from different mammalian milks using rapid evaporative ionization mass spectrometry combined with chemometric analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(25), 7786–7795. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01447>
- Gheinani, M. T., & Tabatabaei, O. (2018). A structural move analysis of the abstract section of ISI articles of Iranian and native scholars in the field of agricultural engineering. *International Journal of Research Studies in Lan-*

- guage Learning, 7(3), 109–122. <https://doi.org/10.5861/IJRSL.2017.1864>
- Gillaerts, P., & Van de Velde, F. (2010). Interactional meta-discourse in research article abstract. *Journal of English for Academic Purposes*, 9(2), 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2010.02.004>
- Gustilo, L., Comillo, M. I., Valle, A., & Comillo, R. (2021). Managing readers' impressions of research article abstracts through metadiscourse. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 11(2), 392–406. <https://doi.org/10.17509/ijal.v11i2.34255>
- Hill, E. M., Prosser, N. S., Ferguson, E., Kaler, J., Green, M. J., Keeling, M. J., & Tildesley, M. J. (2022). Modelling livestock infectious disease control policy under differing social perspectives on vaccination behaviour. *PLoS Computational Biology*, 18(7), e1010235. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010235>
- Huckin, T. (2006). Abstracting from abstracts. In M. Hewings (Ed.), *Academic writing in context: Implications and applications* (pp. 93–103). Birmingham University Press.
- Hyland, K. (2000). *Disciplinary discourses: Social interactions in academic writing*. Longman.
- Hyland, K. (2005). *Metadiscourse: Exploring interaction in writing*. Continuum.
- Mann, W. C., & Thompson, S. A. (1988). Rhetorical Structure Theory: Toward a functional theory of text organization. *Text*, 8(3), 243–281.
- Mao, Y., Tan, H., Wang, M., Jiang, T., Wei, H., Xu, W., Jiang, O., Bao, X., Ding, Y., Wang, F., & Zhu, Ch. (2022). Research progress of soil microorganisms in response to heavy metals in rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(28), 8513–8522. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01437>
- Mocanu, M. (2015). An empirical analysis of metadiscourse in the abstracts of Romanian accounting research articles. *Accounting and Management Information Systems*, 14(2), 362–377.
- Pho, P. (2008). Research article abstracts in applied linguistics and educational technology: A study of linguistic realizations of rhetorical structure and authorial stance. *Discourse Studies*, 10(2), 231–250.
- Rakun, J., Rihter, E., Kelc, D., Denis, S., Vindiš, P., Berk, P., Polić, P., La-cota, M. (2022). Possibilities and concerns of implementing precision agriculture technologies on small farms in Slovenia. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, 15(3), 16–21. <https://doi.org/10.25165/ijabe.20221503.6111>
- Ren, H., & Li, Y. (2011). A comparison study on the rhetorical moves of abstracts in published research articles and master's Foreign-language theses. *English Language Teaching*, 4(1), 162–166. <https://doi.org/10.5539/elt.v4n1p162>
- San, L. Y., & Tan, H. (2012). A comparative study of the rhetorical moves in abstracts of published research articles and students' term papers in the field of computer and communication systems engineering. *International Journal of Applied Linguistics and English Literature*, 1(7), 40–50.
- Santos, M. B. D. (1996). The textual organization of research paper abstracts in applied linguistics. *Text Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, 16(4), 481–500. <https://doi.org/10.1515/text.1.1996.16.4.481>
- Swales, J. M., & Feak, C. B. (2009). *Abstract and the writing of abstracts*. Michigan: The University of Michigan Press.
- Swales, J. M. and Feak, C. B. (2012). *Academic writing for graduate students: Essential tasks and skills* (3rd ed.). Michigan: The University of Michigan Press.
- Tocalo, A. W. I. (2021). Move structures and their rhetorical verbs of research article abstracts across Englishes. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.17509/ijal.v11i1.34593>
- Wallwork, A. (2013). *English for academic research: Writing exercises* (2nd ed.). London: Springer.
- Wijaya, L. E., & Ardi, P. (2022). Rhetorical moves of research article abstracts: a comparative study of national and international journals. *Research Result. Theoretical and Applied Linguistics*, 8(1), 135–149. <https://doi.org/10.18413/2313-8912-2022-8-1-0-9>
- Zanina, E. (2017). Move structure of research article abstracts on management: Contrastive study (the case of English and Russian). *Journal of Language and Education*, 3(2), 63–72. <https://doi.org/10.17323/2411-7390-2017-3-2-63-72>

REFERENCES

- Beletsky, S. L., Loose, V. V., Guryeva, K. B., & Kostromina, T. G. (2022). Features of temperature changes in the wall layers of wheat grain during storage in silos of elevators. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], (1), 55–73. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.278>
- Trineeva, O. V. (2022). Biologically active substances of sea buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) during storage using various preservation methods. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], (1), 32–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.269>
- Bhatia, V. (1993). *Analysing genre: Language use in professional settings*. Longman.
- Can, S., Karabacak, E., & Qin, J. (2016). Structure of moves in research article abstracts in applied linguistics. *Publications*, 4(3), 23–39. <https://doi.org/10.3390/publications4030023>
- Cui, Y., Ge, L., Lu, W., Wang, Sh., Li, Y., Wang, H., Huang, M., Xie, H., Liao, J., Tao, Y., Luo, P., Ding, Y.-Y., & Shen, Q. (2022). Real-time profiling and distinction of lipids from different mammalian milks using rapid evaporative ionization mass spectrometry combined with chemometric analysis. *Jour-*

- nal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(25), 7786–7795. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01447>
- Gheinani, M. T., & Tabatabaei, O. (2018). A structural move analysis of the abstract section of ISI articles of Iranian and native scholars in the field of agricultural engineering. *International Journal of Research Studies in Language Learning*, 7(3), 109–122. <https://doi.org/10.5861/IJRSLL.2017.1864>
- Gillaerts, P., & Van de Velde, F. (2010). Interactional meta-discourse in research article abstract. *Journal of English for Academic Purposes*, 9(2), 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2010.02.004>
- Gustilo, L., Comillo, M. I., Valle, A., & Comillo, R. (2021). Managing readers' impressions of research article abstracts through metadiscourse. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 11(2), 392–406. <https://doi.org/10.17509/ijal.v11i2.34255>
- Hill, E. M., Prosser, N. S., Ferguson, E., Kaler, J., Green, M. J., Keeling, M. J., & Tildesley, M. J. (2022). Modelling livestock infectious disease control policy under differing social perspectives on vaccination behaviour. *PLoS Computational Biology*, 18(7), e1010235. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010235>
- Huckin, T. (2006). Abstracting from abstracts. In M. Hewings (Ed.), *Academic writing in context: Implications and applications* (pp. 93–103). Birmingham University Press.
- Hyland, K. (2000). *Disciplinary discourses: Social interactions in academic writing*. Longman.
- Hyland, K. (2005). *Metadiscourse: Exploring interaction in writing*. Continuum.
- Mann, W. C., & Thompson, S. A. (1988). Rhetorical Structure Theory: Toward a functional theory of text organization. *Text*, 8(3), 243–281.
- Mao, Y., Tan, H., Wang, M., Jiang, T., Wei, H., Xu, W., Jiang, O., Bao, X., Ding, Y., Wang, F., & Zhu, Ch. (2022). Research progress of soil microorganisms in response to heavy metals in rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(28), 8513–8522. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c01437>
- Mocanu, M. (2015). An empirical analysis of metadiscourse in the abstracts of Romanian accounting research articles. *Accounting and Management Information Systems*, 14(2), 362–377.
- Pho, P. (2008). Research article abstracts in applied linguistics and educational technology: A study of linguistic realizations of rhetorical structure and authorial stance. *Discourse Studies*, 10(2), 231–250.
- Rakun J, Rihter E, Kelc D, Denis S, Vindiš P, Berk P, Polic, P., Lacota, M. (2022). Possibilities and concerns of implementing precision agriculture technologies on small farms in Slovenia. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, 15(3), 16–21. <https://doi.org/10.25165/ijabe.20221503.6111>
- Ren, H., & Li, Y. (2011). A comparison study on the rhetorical moves of abstracts in published research articles and master's Foreign-language theses. *English Language Teaching*, 4(1), 162–166. <https://doi.org/10.5539/elt.v4n1p162>
- San, L. Y., & Tan, H. (2012). A comparative study of the rhetorical moves in abstracts of published research articles and students' term papers in the field of computer and communication systems engineering. *International Journal of Applied Linguistics and English Literature*, 1(7), 40–50.
- Santos, M. B. D. (1996). The textual organization of research paper abstracts in applied linguistics. *Text Interdisciplinary Journal for the Study of Discourse*, 16(4), 481–500. <https://doi.org/10.1515/text.1.1996.16.4.481>
- Swales, J. M., & Feak, C. B. (2009). *Abstract and the writing of abstracts*. Michigan: The University of Michigan Press.
- Swales, J. M. and Feak, C. B. (2012). *Academic writing for graduate students: Essential tasks and skills* (3rd ed.). Michigan: The University of Michigan Press.
- Tocalo, A. W. I. (2021). Move structures and their rhetorical verbs of research article abstracts across Englishes. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.17509/ijal.v11i1.34593>
- Wallwork, A. (2013). *English for academic research: Writing exercises* (2nd ed.). London: Springer.
- Wijaya, L. E., & Ardi, P. (2022). Rhetorical moves of research article abstracts: a comparative study of national and international journals. *Research Result. Theoretical and Applied Linguistics*, 8(1), 135–149. <https://doi.org/10.18413/2313-8912-2022-8-1-0-9>
- Zanina, E. (2017). Move structure of research article abstracts on management: Contrastive study (the case of English and Russian). *Journal of Language and Education*, 3(2), 63–72. <https://doi.org/10.17323/2411-7390-2017-3-2-63-72>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s128>

УДК 613.24-053.2

Ограничительные типы питания в детском возрасте – вред или польза?

А. В. Налетов

Государственная образовательная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», Донецк, Донецкая Народная Республика

Корреспонденция:**Налетов Андрей Васильевич**

ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького»,
адрес: 83003 Донецкая Народная Республика, Донецк, пр. Ильича, 16
E-mail: nalyotov-a@mail.ru

Конфликт интересов:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов

Поступила: 13.01.2022**Принята:** 28.02.2022**Опубликована:** 30.03.2022**Copyright:** © 2022 Автор**АННОТАЦИЯ**

Введение. В настоящее время популярность соблюдения различных ограничительных диет имеет тенденцию к росту в большинстве стран мира. На сегодняшний день все больше детей не употребляют в пищу по различным причинам целые группы продуктов. При этом в ряде случаев это продукты, которые содержат необходимые микро- и макронутриенты для развития ребенка.

Цель. Цель данной статьи – на основании данных ряда клинических исследований изучить влияние ограничительных типов питания на здоровье ребенка.

Результаты. В статье представлены современные сведения о влиянии длительного соблюдения ограничительных диет на здоровье ребенка. Наибольшее внимание уделяется вегетарианству, его разновидностям и длительной безмолочной диете у детей раннего возраста. Указывается на возможные дефицитные состояния при соблюдении данных диет. Представляются мнения различных согласительных документов ассоциаций нутрициологов некоторых стран о возможности соблюдения вегетарианства в различные возрастные периоды и особенно у детей и женщин в период беременности и лактации. Освещаются возможные пути повышения эффективности применения ограничительных диет в детском возрасте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

дети, вегетарианство, безмолочная диета, ограничительная диета



Для цитирования: Налетов, А. В. (2022). Ограничительные типы питания в детском возрасте – вред или польза? *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 16–23. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s128>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s128>

Restrictive Types of Nutrition in Childhood – Harm or Benefit?

Andrey V. Nalyotov

M. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk, Donetsk People's Republic

Correspondence:
Andrey V. Nalyotov,

Donetsk National Medical University, 16, Illich av., Donetsk, 83003, Donetsk People's Republic
E-mail: nalyotov-a@mail.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 13.01.2022
Accepted: 28.02.2022
Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Author

ABSTRACT

Introduction. Currently, the popularity of various restrictive diets tends to increase in most countries of the world. Today, more and more children do not eat whole food groups for various reasons. At the same time, in some cases, these are products that contain the necessary micro- and macronutrients for the development of the child.

Purpose. The purpose of this article is to study the impact of restrictive diets on a child's health based on data from a number of clinical studies.

Results. The article presents current information on the impact of long-term adherence to restrictive diets on a child's health. The greatest attention is paid to vegetarianism, its varieties and a long-term dairy-free diet in young children. Possible deficiency states are indicated if these diets are observed. The opinions of various consensus papers of the associations of nutritionists of some countries on the possibility of observing vegetarianism at different age periods, and especially in children and women during pregnancy and lactation, are presented. Possible ways to improve the effectiveness of restrictive diets in childhood are highlighted.

KEYWORDS

children, vegetarianism, dairy-free diet, restrictive diet



To cite: Nalyotov, A. V. (2022). Restrictive diets in childhood – harm or benefit? *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 16–23. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s128>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время популярность соблюдения различных ограничительных диет имеет тенденцию к росту в большинстве стран Европы и Северной Америки. Не осталась в стороне от применения нетрадиционных типов питания и детская часть населения нашей планеты. На сегодняшний день все больше детей не употребляют в пищу по различным причинам целые группы продуктов (Ясаков и др., 2019). При этом в ряде случаев это продукты, которые содержат необходимые микро- и макронутриенты для развития ребенка, что является особенно актуальным в периоды активного роста ребенка — первый год жизни и ранний детский возраст. У детей раннего возраста и подростков не только вес и рост, но и нейрокогнитивное и психомоторное развитие сильно зависят от источника, количества и качества их питания (Müller, 2020).

Среди наиболее распространенных причин перехода на соблюдение нетрадиционного типа питания обычно рассматривают идею оздоровления и профилактики различной соматической и инфекционной патологии, этические, религиозные, социальные и экологические аспекты. Также первоочередную роль в исключении ряда продуктов имеют вкусовые предпочтения самого ребенка, на которые оказывают влияние семейные традиции употребления пищи, сроки введения прикормов на первом году жизни, а также финансовые возможности семьи (посещение ресторанов, кафе, пиццерий, употребление в пищу экзотических продуктов и т.д.).

Большой объем информации, доступный современному человеку посредством телевидения и интернета, в ряде случаев приводит к получению им не всегда научной, проверенной и обоснованной информации, а в дальнейшем — и к ошибочному ее анализу и трактовке. В особенности важен данный информационный аспект в отношении информации, касающейся лечения различных заболеваний, способов соблюдения здорового образа жизни, а также диеты в норме и при различных патологических состояниях. Кроме того, интернет ресурсы: форумы, социальные сети, сайты для молодых мам, к сожалению, остаются на сегодняшний день основными источниками информации для матерей по применению смесей, срокам, объемам и последовательности введения прикорма.

Исключение из рациона питания различных видов пищи животного или растительного происхождения не может в полной мере гарантировать адекватную обеспеченность организма человека необходимыми макро- и микронутриентами без проведения саплементации (Ясаков и др., 2019). Важным фактором в отношении опасности для здоровья населения соблюдения различных ограничительных типов питания является тот аспект, что решение об их использовании происходит в большинстве

случаев без предварительной консультации с лечащим врачом, который проводил бы оценку состояния здоровья человека, планирующего придерживаться соблюдения ограничительных диет, мог бы диагностировать сопутствующую патологию у него. В связи с этим рацион питания здорового или больного человека может не в полной мере соответствовать по составу необходимых макро- и микронутриентов и энергетической ценности потребностям организма. Это в особенности важно в отношении детского организма, когда происходит становление функций органов и систем, физического и психомоторного развития ребенка.

В статье мы не ставили целью рассмотреть ограничительные типы питания при лечении различной патологии у пациентов детского возраста, когда исключение из рациона ряда продуктов является важным направлением терапии данных детей.

Вегетарианство

Вегетарианство является одним из наиболее популярных ограничительных типов питания на сегодня. Соблюдение вегетарианства означает в различной степени исключение продуктов животного происхождения. В зависимости от категории исключаемых продуктов выделяют различные типы вегетарианства (Foster, Chu, Petocz, & Samman, 2013):

- лакто-/ово-вегетарианство — исключение всего мяса, рыбы и морепродуктов при сохранении яиц (ово-) и/или молочных (лакто-) продуктов;
- веганство — исключение всех продуктов животного происхождения;
- макробиотическая диета — употребление большого количества зерновых продуктов, небольшого объема овощей, бобовых и фруктов, избегание потребления переработанных продуктов и большинства животных продуктов (за исключением небольшого количества рыбы);
- сыроедение — исключение всех продуктов животного происхождения и пищи, приготовленной при температуре выше 48°C;
- фрукторианство — потребление фруктов с включением орехов, семян и некоторых овощей (которые по ботанической классификации считаются ягодами);
- флекситарианство — потребление небольшого количества мясных продуктов;
- полувегетарианство — нерегулярное потребление (1–2 раза в неделю) мясных продуктов, рыбы и морепродуктов;
- пескетто-вегетарианство (пескетарианство) — наличие в рационе из животной пищи только рыбы и/или морепродуктов;
- полло-вегетарианство — потребление из животных продуктов только мяса птицы.

Следует понимать, что самыми ограничительными являются рационы при веганстве и сыроедении, которые характеризуются полным исключением из пищи продуктов животного происхождения.

Вегетарианство имеет историю продолжительностью во много веков. На сегодняшний день считается, что в мире около 1 млрд. людей соблюдают вегетарианство, но большая часть из них сделали данный выбор вынужденно под влиянием экономических и климато-географических факторов.

Сведения о воздействии вегетарианства на состояние здоровья человека в настоящее время продолжают оставаться противоречивыми. Взрослый организм может приспособиться к данному типу питания. Известно, что вегетарианское питание имеет свои положительные аспекты в связи с повышенным содержанием витамина С, калия, магния, пищевых волокон, ограниченным содержанием жиров и холестерина. Считается, что следование вегетарианству сопровождается снижением риска заболеваемости ожирением, сахарным диабетом 2 типа, ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, онкологической патологией и даже смертности.

Традиционно считается, что рацион вегетарианцев беден белком и незаменимыми аминокислотами, витаминами B₂, B₁₂ и D (Schürmann, Kersting, & Alexy, 2017). Содержание кальция, железа и цинка количественно может быть достаточным, но усвояемость данных микронутриентов из растительной пищи значительно ниже, чем при употреблении животной пищи.

У детей соблюдение вегетарианского типа питания в большинстве случаев определяется выбором их родителей. Влияние использования вегетарианского типа питания у детей раннего возраста вызывает серьезные дискуссии специалистов (Foster, Chu, Petocz, & Samman, 2013; Gibson, Heath, & Szymlek-Gay, 2014). Соблюдение вегетарианских типов питания без предварительной консультации с педиатром или диетологом приводит к неадекватно составленному рациону. В дальнейшем без саплементации специальными витаминно-минеральными комплексами это может привести к дефициту некоторых нутриентов и вызвать негативные последствия для здоровья ребенка. Дети из семей, где соблюдается вегетарианство, могут отставать от своих сверстников в физическом развитии, у них чаще диагностируются анемия и рахит¹.

Мнения согласительных документов, международных рекомендаций, клинических исследований

Согласно мнению Комитета по питанию Немецкого общества детской и подростковой медицины, вегетарианская диета в детском и подростковом возрасте требует хорошей информированности и наблюдения со стороны педиатра в сотрудничестве с диетологом (Rudloff et al., 2019).

Соблюдение лакто- и лакто-ово-вегетарианский рацион может обеспечивать адекватное потребление белка организмом. Но полное исключение или ограничение из рациона белка животного происхождения сопряжено с высоким риском дефицита ряда незаменимых аминокислот. Существует мнение, что достаточное потребление незаменимых аминокислот может быть достигнуто за счет увеличения квоты белка. Следует учитывать более низкую усвояемость растительного белка относительно животного. В связи с этим людям, имеющим в качестве основного источника белка в рационе преимущественно растительные продукты, рекомендовано увеличение его потребления в 1,5 раза (Cullum-Dugan & Pawlak, 2015).

В обзоре Mariotti & Gardner (2019) говорится о том, что результаты исследований среди взрослых вегетарианцев показывают, что соблюдение классических вегетарианских диет обеспечивает более чем достаточное количество белка и аминокислот. У части веганов может иметь место умеренный риск недостаточного потребления белка и незаменимых аминокислот. Недостаточное потребление белка при вегетарианской диете может возникнуть, если в рацион не входят продукты, богатые белком, такие как бобовые, орехи и семена. Если диета имеет хотя бы умеренную вариабельность (как это имеет место в экономически развитых странах), то проблемы с достаточным потреблением каких-либо отдельных незаменимых аминокислот из вегетарианских рационов отсутствуют. Нет доказательств каких-либо неблагоприятных физиологических последствий умеренного снижения потребления белка у взрослых, придерживающихся вегетарианской диеты. Напротив, дети должны получать достаточное количество белка из вегетарианской диеты (Mariotti & Gardner, 2019).

Позиция Американской академии питания и диетологии диетической ассоциации заключается в том, что адекватно спланированное вегетарианское питание является здоровым, адекватным с точки зрения обеспечения необходимыми нутриентами и имеет ряд преимуществ для здоровья в отношении профилактики и лечения некоторых соматических заболеваний. Соблюдение вегетарианских диет подходит для всех стадий жизненного цикла, в том числе во время бере-

¹ Тель, Л. З., Даленов, Е. Д., Абдулдаев, А. А., & Коман, И. Э. (2021). *Нутрициология*. Литтерра.

менности, лактации, младенчества, детства и подросткового возраста. Вегетарианские типы питания имеют ряд преимуществ, в том числе более низкий уровень насыщенных жиров, холестерина, животного белка, а также более высокий уровень углеводов, клетчатки, калия, магния, фолиевой кислоты, антиоксидантов, таких как витамины С и Е (American Dietetic Association, & Dietitians of Canada, 2003).

При этом существует мнение ряда экспертов, что Американская академия питания и диетологии игнорирует или недооценивает прямые и косвенные доказательства того, что вегетарианство может быть связано с серьезными рисками для развития мозга и других систем плода и ребенка. Регулярная саплементация железа, цинка и витамина В₁₂ не уменьшают все эти риски. Следовательно, нельзя решительно сказать, что вегетарианство или веганство безопасно для детей (Cofnas, 2019). Согласно результатам множества исследований все разновидности вегетарианских столов имеют дефицит таких микронутриентов, как полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), цинк, йод, железо.

Основными источниками ПНЖК являются рыба и морепродукты. Потребление достаточного количества ПНЖК особенно необходимо у детей грудного возраста, беременных и кормящих женщин, пожилых людей. У детей, получающих грудное вскармливание, источником ПНЖК являются грудное молоко. Содержание ПНЖК в грудном молоке зависит от уровня их потребления женщиной. Соблюдение вегетарианских типов питания сопряжено с низкими уровнями ПНЖК в сыворотке крови кормящих матерей и, соответственно, в грудном молоке (Burdge, Tan, & Henry, 2017; Carlson et al., 2013; Yisahak, 2021).

Основными функциями ПНЖК является участие в формировании головного мозга и нервной системы плода и ребенка, развитии когнитивных функций: памяти, логического мышления, концентрации внимания; улучшении настроения, уменьшении чувства тревоги; оптимизации иммунных функций организма; функционировании сердечно-сосудистой системы; поддержании работы суставного аппарата; здоровья волос и кожи; функционировании органов зрения (Намазова-Баранова, Макарова, & Студеникин, 2016).

После рождения ребенка дефицит йода может привести к отставанию его в росте, снижению умственной и физической работоспособности, увеличению щитовидной железы (формированию зоба), увеличению частоты заболеваний острыми респираторными инфекциями.

Дефицит цинка ассоциирован с нарушениями функционирования иммунной и эндокринной систем, задержкой физического и полового развития (Foster et al., 2013; Намазова-Баранова, Макарова, & Студеникин, 2016).

Следует помнить о том, что у детей раннего возраста даже незначительный дефицит железа может в короткие сроки привести к формированию железодефицитной анемии и необратимым нарушениям когнитивных функций и поведения.

Лакто-вегетарианство характеризуется также дефицитом витаминов А и D, ово-вегетарианство – дефицитом кальция, витаминов В₂, В₁₂, а веганство является наиболее дефицитным типом вегетарианства, при котором снижено поступление всех перечисленных выше микронутриентов.

Согласно Национальной программы оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации обеспеченность микронутриентами ребенка на первом году жизни зависит от обеспеченности ими беременной и кормящей женщины². Указывается, что для беременных и кормящих матерей соблюдение строгого вегетарианства чревато возникновением железодефицитных состояний, включая анемию, остеопению в связи с дефицитом в пище витамина D и кальция.

В периоды беременности и лактации ограничительные рационы и несбалансированное питание не обеспечивают адекватное поступление нутриентов, что приводит к негативным последствиям как для матери, так и для организма ребенка. В связи с этим рекомендовано ежедневное включение в рацион дополнительных 25 г белка, что позволит адаптировать питание беременной женщины или кормящей матери, находящейся на вегетарианском рационе. При рождении дети могут иметь нормальные показатели гемоглобина даже при наличии дефицита кобаламина у матери, но низкое содержание витамина В₁₂ в материнском молоке приводит к быстрому развитию клинических симптомов гиповитаминоза с возникновением необратимых изменений со стороны нервной системы у ребенка³.

Согласно данной Программы вскармливания дети, которые родились у матерей-вегетарианок, продолжающих следовать нетрадиционным типам питания во время беременности и лактации, относятся к группе высокого риска по возникновению анемии смешанного генеза и недостаточности микронутриентов. Рекомендуется отказаться на данный период от соблюдения веганской диеты. Лакто-ово-вегетарианские рационы при тщательном их планировании связаны с меньшими нутритивными рисками, однако и у этой категории матерей и их детей остается высокая вероятность недостаточности витамина В₁₂, железа ПНЖК и других микронутриентов. При

² Программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации: методические рекомендации. ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России. (2019).

³ Программа оптимизации вскармливания детей...

соблюдении вегетарианской диеты женщинам репродуктивного возраста необходимо тщательное планирование рационов с адекватным обеспечением белком и энергией, использованием витаминно-минеральных комплексов, обогащенных продуктов или пищевых добавок⁴.

В рекомендациях ESPGHAN по введению прикорма у детей (2017) говорится о том, что веганские рационы не должны применяться без медицинского контроля и саплементации, а родители должны быть осведомлены о высоких рисках развития патологических состояний у их детей при несоблюдении рекомендаций. При этом женщинам-вегетарианкам необходимо в достаточном количестве потреблять витамины B₂, A и D во время беременности и лактации, в том числе с помощью обогащенных продуктов питания и витаминно-минеральных комплексов (Fewtrell, 2017).

На сегодняшний день оптимальным является широкое использование в обычном питании овощей, фруктов и различных вегетарианских блюд, а также отказ от избыточного потребления мясных продуктов. Разгрузочные дни вегетарианского питания являются составляющей частью некоторых видов лечебного питания. При целом ряде заболеваний врачи рекомендуют пациентам ограничить или исключить на короткий или продолжительный период мясо, рыбу из рациона. Так, ограничение потребления мясных продуктов рекомендовано при подагре, ожирении, атеросклерозе и ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, мочекаменной болезни с уратурией, печеночной энцефалопатии¹.

Результаты современных научных исследований позволяют сделать вывод о том, что, учитывая повышенные риски возникновения дефицита некоторых нутриентов у вегетарианцев, с позиций доказательной медицины преимущества вегетарианских рационов для здоровья ребенка остаются не доказанными. Даже при сбалансированности рациона по макронутриентам, существует необходимость дополнительной саплементации для компенсации дефицита витаминов и минеральных веществ. Следует заметить, что согласно рекомендаций большинства согласительных документов нутрициологов и диетологов разных стран, контроль не только за рационом питания, но и за саплементацией макро- и микронутриентов должен осуществлять даже не врач-педиатр, а нутрициолог или диетолог. Безусловно, следует учитывать тот факт, что вегетарианский рацион должен быть разнообразным и для устранения дефицита животного белка, необходимо употребление в пищу большого количества бобов, орехов, семян, что, учитывая нашу климатическую зону и финансовое состояние многих семей на территории Восточной Европы, представляется достаточно затруднительным. В связи

с данными аспектами рацион питания даже взрослых вегетарианцев в большинстве случаев остается скудным. Не следует забывать, что на сегодняшний день препараты и витаминно-минеральные комплексы, которые могли бы эффективно применяться для саплементации необходимых макро- и микронутриентов, имеют достаточно высокую стоимость и в большинстве случаев доступны лишь в единичных крупных аптечных сетях крупных городов. На основании вышеуказанных данных можно заключить, что, учитывая современные научные результаты исследований, вегетарианство в детском возрасте не может быть применено у большого числа детского населения, особенно в критические возрастные периоды активного роста и развития. При переходе на данный тип питания родителям детей необходимо учитывать не только доступность и ассортимент вегетарианских продуктов в их регионе, но и свои финансовые возможности семьи в отношении данных продуктов, а также проведение длительной саплементации препаратами, содержащими необходимые макро- и микронутриенты. При этом самым важным фактором является врачебный контроль над рационом питания ребенка со стороны нутрициолога и диетолога.

Безмолочная диета

Еще одним распространенным типом питания в педиатрической практике является исключение из рациона молочных продуктов: цельного молока и/или кисломолочных продуктов. В ряде случаев данные ограничения связаны с такими широко распространенными заболеваниями ребенка, как аллергия к белкам коровьего молока, вторичная лактазная недостаточность. Однако в ряде случаев ребенок продолжает длительное время находиться на безмолочной диете необоснованно — например, после формирования толерантности к белкам коровьего молока (Ревякина & Кувшинова, 2018). Данная ограниченность в получении молочных продуктов может продолжаться годами и в дальнейшем приводить к тому, что ребенок уже просто не захочет употреблять в пищу молочные продукты. Дети, находящиеся на длительной безмолочной диете — в первую очередь имеют высокий риск снижения кальция в организме и развития заболеваний, которые с ним ассоциированы — рахит, остеопороз. Кроме того, снижение поступления в пищеварительный тракт лактозы — важнейшего пребиотика, может приводить к изменению состава кишечного микробиоценоза.

Безусловно, что важнейшую роль в установлении необходимой длительности соблюдения безмолочной диеты ребенком лежит на педиатре. Ведь при пищевой аллергии именно врач должен установить сроки для проведения провокационной пробы с молочным продуктом, отметить реакцию ребенка на его введение и при возможности — расширить его рацион. При наличии лактаз-

⁴ Программа оптимизации вскармливания детей...

ной недостаточности необходимо понимание того, что ребенок лишь в достаточно редких случаях абсолютно не может употреблять все молочные продукты. Следует помнить о том, что в кисломолочных продуктах содержание лактозы значительно ниже, чем в молоке. В связи с чем, в большинстве случаев дети с лактазной недостаточностью могут употреблять в пищу минимальные объемы кисломолочных продуктов.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании Налетова, Свиштуновой & Гуз установлено, что для детей школьного возраста, соблюдающих ограничительные диеты, характерным является наличие недостаточной обеспеченности витамином D. При этом данный дисбаланс в равной степени характерен как для детей, находящихся на лактовегетарианской диете, так и для детей, соблюдающих безмолочную диету. Нормальные показатели уровня кальцидиола среди школьников, соблюдающих лактовегетарианскую диету, были установлены лишь у 20,0 %, а при безмолочной диете –

у 25,0 %. У остальных детей школьного возраста выявлена недостаточность или дефицит витамина D (Налетов, Свиштунова & Гуз, 2020).

ВЫВОДЫ

Таким образом, широкое распространение ограничительных диет в педиатрической практике не может быть полностью безопасным для здоровья детей, учитывая социально-экономические, географические и медицинские факторы. Если все же специалистами или родителями принято решение о переводе ребенка на какой-либо ограничительный тип питания, то необходимым является осмотр и, возможно, углубленное лабораторное и инструментальное обследование ребенка педиатром перед началом применения диеты, а также дальнейшая консультативная поддержка нутрициолога либо диетолога в течение всего периода соблюдения диеты для составления ежедневного рациона питания, а также назначения дополнительных препаратов с целью проведения саплементации необходимых макро- и микронутриентов.

ЛИТЕРАТУРА

- Налетов, А. В., Свиштунова, Н. А., & Гуз, Н. П. (2020). Оценка обеспеченности витамином D детей, соблюдающих ограничительные диеты. *Вопросы диетологии*, 10(3), 11–14. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2020-3-11-14>
- Намазова-Баранова, Л. С., Макарова, С. Г., & Студеникин, В. М. (2016). Витамины и минеральные вещества в практике педиатра. *ПедиатрЪ*.
- Ревакина, В. А., & Кувшинова, Е. Д. (2018). Оценка витаминного статуса у детей с пищевой аллергией. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*, 63(4), 159–160. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-congress-2018>
- Ясаков, Д. С., Макарова, С. Г., Фисенко, А. П., Семикина, Е. Л., Маврикиди, Е. Ф., & Филянская Е. Г. (2019). Обеспеченность детей вегетарианцев железом и витамином B₁₂: одномоментное контролируемое исследование. *Российский педиатрический журнал*. 22(3), 144–152. <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9561-2019-22-3-144-152>
- American Dietetic Association, & Dietitians of Canada (2003). Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(6), 748–765. <https://doi.org/10.1053/jada.2003.50142>
- Burdge, G. C., Tan, S. Y., & Henry, C. J. (2017). Long-chain n-3 PUFA in vegetarian women: a metabolic perspective. *Journal of Nutritional Science*, 23(6), e58. <https://doi.org/10.1017/jns.2017.62>
- Carlson, S. E., Colombo, J., Gajewski, B. J., Gustafson, K. M., Mundy, D., Yeast, J., Georgieff, M. K., Markley, L.A., Kering, E.H., & Shaddy, D.J. (2013). DHA supplementation and pregnancy outcomes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97(4), 808–815. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.050021>
- Cofnas, N. (2019). Is vegetarianism healthy for children? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(13), 2052–2060. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437024>
- Cullum-Dugan, D., & Pawlak, R. (2015). Position of the academy of nutrition and dietetics: vegetarian diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(5), 801–810. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.02.033>
- Fewtrell, M., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N., Fidler M. N., Hoj, I., Hulst, J. M., Indrio, F., Lapillonne, A., & Molgaard, C. (2017). Complementary Feeding: A Position Paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN). Committee on Nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(1), 119–132. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>
- Foster, M., Chu, A., Petocz, P. & Samman, S. (2013). Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and meta-analysis of studies in humans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(10), 2362–2371. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6179>
- Gibson, R. S., Heath, A. L., & Szymlek-Gay, E. A. (2014). Is iron and zinc nutrition a concern for vegetarian infants and young children in industrialized countries? *American Journal of Clinical Nutrition*, 100, Suppl 1, 459S–468S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071241>

- Mariotti, F., & Gardner, C. D. (2019). Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets. *Nutrients*, 11(11), 2661. <https://doi.org/10.3390/nu11112661>
- Müller, P. (2020). Vegan Diet in Young Children. *Nestlé Nutrition Institute Workshop Serie*, 93, 103–110. <https://doi.org/10.1159/000503348>
- Rudloff, S., Bühner, C., Jochum, F., Kauth, T., Kersting, M., Körner, A., Koletzko, B., Mihatsch, W., Prell, C., Reinehr, T., & Zimmer, K. P. (2019). Vegetarian diets in childhood and adolescence: Position paper of the nutrition committee, German Society for Paediatric and Adolescent Medicine (DGKJ). *Molecular and cellular pediatrics*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40348-019-0091-z>
- Schürmann, S., Kersting, M., & Alexy, U. (2017). Vegetarian diets in children: a systematic review. *European Journal of Nutrition*, 56(5), 1797–1817. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1416-0>
- Yisahak, S. F., Hinkle, S. N., Mumford, S. L., Li, M., Andriessen, V.C., Grantz, K.L., Zhang, C., Grewal, J. (2021). Vegetarian diets during pregnancy, and maternal and neonatal outcomes. *International Journal of Epidemiology*, 50(1), 165–178. <https://doi.org/10.1093/ije/dyaa200>
- ## REFERENCES
- Naletov, A. V., Svistunova, N. A., & Guz, N. P. (2020). Ocenka obespechennosti vitaminom D detej, sobljudajushhih ogranichitel'nye diety [Assessment of vitamin D availability in children following restrictive diets]. *Voprosy dietologii [Nutrition]*, 10(3), 11–14. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2020-3-11-14>
- Namazova-Baranova, L. S., Makarova, S. G., & Studenikin, V. M. (2016). *Vitaminy i mineral'nye veshhestva v praktike pediatri* [Vitamins and minerals in pediatrician's practice]. *Pediatr.*
- Revjakina, V. A., & Kuvshinova, E. D. (2018) Ocenka vitaminnogo statusa u detej s pishhevoj allergiej [Assessment of vitamin status in children with food allergies]. *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii [Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics]*, 63(4), 159.
- Jasakov, D. S., Makarova S.G., Fisenko A.P., Semikina, E.L., Mavrikidi, E.F., & Filyanskaya E.G. (2019). Obespechennost' detej vegetariancev zhelezom i vitaminom V12: odnomomentnoe kontroliruemoje issledovanie [Iron and vitamin B12 provision of vegetarian children: a single-stage controlled study]. *Rossijskij pediatričeskij zhurnal [Russian Pediatric Journal]*, 22(3), 144–152. <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9561-2019-22-3-144-152>
- American Dietetic Association, & Dietitians of Canada. (2003). Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(6), 748–765. <https://doi.org/10.1053/jada.2003.50142>
- Burdge, G. C., Tan, S. Y., & Henry, C. J. (2017). Long-chain n-3 PUFA in vegetarian women: a metabolic perspective. *Journal of Nutritional Science*, 23(6), e58. <https://doi.org/10.1017/jns.2017.62>
- Carlson, S. E., Colombo, J., Gajewski, B. J., Gustafson, K. M., Mundy, D., Yeast, J., Georgieff, M. K., Markley, L. A., Kerling, E. H., & Shaddy, D. J. (2013) DHA supplementation and pregnancy outcomes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97(4), 808–815. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.050021>
- Cofnas, N. (2019) Is vegetarianism healthy for children? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(13), 2052–2060. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437024>
- Cullum-Dugan, D., & Pawlak, R. (2015) Position of the academy of nutrition and dietetics: vegetarian diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(5), 801–810. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.02.033>
- Fewtrell, M., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N., Fidler M. N., Hoj, I., Hulst, J. M., Indrio, F., Lapillonne, A., & Molgaard, C. (2017). Complementary Feeding: A Position Paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN). Committee on Nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64 (1), 119–132. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001454>
- Foster, M., Chu, A., Petocz, P. & Samman, S. (2013). Effect of vegetarian diets on zinc status: a systematic review and meta-analysis of studies in humans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 2362–2371. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6179>
- Gibson, R. S., Heath, A. L., & Szymlek-Gay, E. A. (2014) Is iron and zinc nutrition a concern for vegetarian infants and young children in industrialized countries? *American Journal of Clinical Nutrition*, 100, Suppl 1, 459S-468S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071241>
- Mariotti, F., & Gardner, C. D. (2019). Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets. *Nutrients*, 11(11). 2661. <https://doi.org/10.3390/nu11112661>
- Müller, P. (2020). Vegan Diet in Young Children. *Nestlé Nutrition Institute Workshop Series*, 93, 103–110. <https://doi.org/10.1159/000503348>
- Rudloff, S., Bühner, C., Jochum, F., Kauth, T., Kersting, M., Körner, A., Koletzko, B., Mihatsch, W., Prell, C., Reinehr, T., & Zimmer, K. P. (2019). Vegetarian diets in childhood and adolescence: Position paper of the nutrition committee, German Society for Paediatric and Adolescent Medicine (DGKJ). *Molecular and Cellular Pediatrics*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40348-019-0091-z>
- Schürmann, S., Kersting, M., & Alexy, U. (2017). Vegetarian diets in children: a systematic review. *European Journal of Nutrition*, 56 (5), 1797–1817. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1416-0>
- Yisahak, S. F., Hinkle, S. N., Mumford, S. L., Li, M., Andriessen, V.C., Grantz, K.L., Zhang, C., Grewal, J. (2021). Vegetarian diets during pregnancy, and maternal and neonatal outcomes. *International Journal of Epidemiology*, 50 (1), 165–178. <https://doi.org/10.1093/ije/dyaa200>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s129>

УДК 577.181

Перспективы разработки твёрдых дисперсных систем антибиотиков: Обзор предметного поля

Ю. А. Полковникова, О. С. Гущина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

Корреспонденция:

Полковникова Юлия Александровна, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», адрес: 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: juli-polk@mail.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов

Поступила: 13.12.2021

Принята: 20.02.2022

Опубликована: 30.03.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время для лечения инфекционных заболеваний на фармацевтическом рынке находится большое количество антибактериальных препаратов. Фторхинолоны являются важной группой среди данных средств, так как обладают широким спектром действия и активны, в том числе, в отношении полирезистентных бактерий, одним из которых является офлоксацин. Офлоксацин характеризуется низкой растворимостью и относится ко второму классу по биофармацевтической классификации лекарственных средств, поэтому целесообразно применять для него метод введения в твёрдые носители для повешения биодоступности.

Цель. Цель данной статьи — описать способы получения новых лекарственных форм офлоксацина с повышенной биодоступностью.

Материалы и методы. На основании анализа источников по теме авторами было представлена краткая характеристика способам и методикам изготовления твёрдых дисперсий с данным действующим веществом.

Результаты. Описано влияние других вспомогательных агентов, таких как поверхностно-активные вещества, на высвобождение лекарственного средства из препарата. Отражены физико-химические и биофармацевтические методы, которые могут применяться для установления качества впервые разработанной лекарственной формы офлоксацина.

Выводы. С помощью описанных в статье методик возможно создать новую лекарственную форму офлоксацина с улучшенными биофармацевтическими показателями по отношению к существующим на рынке лекарственным препаратам. Данный метод позволит создать пролонгированный лекарственный препарат с меньшим количеством побочных эффектов и более выгодный в экономическом плане.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

офлоксацин, твердые дисперсии, полимеры-носители, биодоступность, антибактериальные препараты.



Для цитирования: Полковникова, Ю. А., & Гущина, О. С. (2022). Перспективы разработки твёрдых дисперсных систем антибиотиков: Обзор предметного поля. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 24–33. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s129>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s135>

Prospects for the Development of Solid Dispersed Systems of Antibiotics: Scoping Review

Yulia A. Polkovnikova, Oksana S. Gushchina

Voronezh State University, Voronezh,
Russia

Correspondence:

Yulia A. Polkovnikova,
Voronezh State University, 1, University
Square, Voronezh, 394018, Russia
E-mail: juli-polk@mail.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 13.12.2021

Accepted: 20.02.2022

Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Currently, there is a large number of antibacterial medications for the treatment of infectious diseases on the pharmaceutical market. Fluoroquinolones, being an important group among these medications, have a wide spectrum of action and are active against multiresistant bacteria, one of which is ofloxacin. Ofloxacin is characterized by low solubility and belongs to the second class according to the biopharmaceutical classification of medications, so it is advisable to use the method of introducing it into solid carriers to increase bioavailability.

Purpose. The article aims at describing methods for obtaining new dosage forms of ofloxacin with increased bioavailability.

Materials and Methods. Having analyzed the literature on the topic, the authors presented a brief description of the methods and techniques for the manufacture of solid dispersions with this active substance.

Results. The effect of other excipients, such as surfactants, on the release of the medication from the formulation has been described. The physicochemical and biopharmaceutical methods that can be used to establish the quality of the newly developed dosage form of ofloxacin are reflected.

Conclusions. Using the methods described in the article, it is possible to create a new dosage form of ofloxacin with improved biopharmaceutical performance in relation to existing medications on the market. This method will allow the creation of a prolonged drug with fewer side effects and more profitable in economic terms.

KEYWORDS

ofloxacin, solid dispersions, carrier polymers, bioavailability, antibacterial drugs.



To cite: Polkovnikova, Yu. A., & Gushchina, O. S. (2022). Prospects for the development of solid dispersed systems of antibiotics: Scoping review. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 24–33. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s129>

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент времени, введение лекарственных средств перорально является самым распространённым, так как имеет ряд преимуществ — естественность, простота и доступность метода, пациент имеет возможность принять лекарство самостоятельно, при этом не требуется специальная подготовка, возможность введения различных лекарственных форм, к самым популярным из которых сейчас относятся таблетки и капсулы. Однако, при данном способе приёма в некоторых случаях возникает проблема ограниченной абсорбции лекарственного вещества (ЛС), приводящая к снижению биодоступности, а, следовательно, и к уменьшению терапевтического эффекта.

Всасывание лекарственных средств из желудочно-кишечного тракта может быть ограничено множеством факторов, основными из которых являются плохая растворимость в воде или низкая мембранная проницаемость вещества. Следовательно, фармацевтические исследования, направленные на улучшение пероральной биодоступности с помощью повышения растворимости и скорости растворения плохо растворимых в воде лекарственных агентов, и усиление проницаемости для слабопроницаемых препаратов, являются актуальными (Попков и др., 2009, Тереньева и др., 2016, Бочков и др., 2016).

Цель данного обзора - провести анализ литературных источников, содержащих информацию о разработках твёрдых дисперсных систем антибиотиков на примере офлоксацина.

Фармакология хинолонов и фторхинолонов

Антибактериальные препараты являются одними из самых значащих в фармакологии (Краснюк, 2009, Краснюк (мл) и др. 2021, Елагина и др., 2022). Среди них по выраженности противомикробного эффекта, частоте назначения и применения, механизму и спектру действия даже в отношении устойчивых, в том числе полирезистентных штаммов микроорганизмов, одно из первых мест занимают соединения, имеющие в своей основе хинолоновую структуру (Новиков, 2008, Ананьева и др., 2014).

Рисунок 1

Химическая структура фторхинолонов

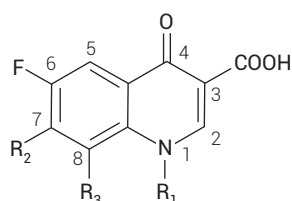
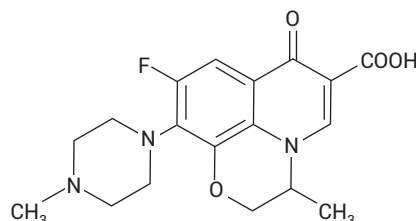


Рисунок 2

Химическая структура офлоксацина



Всего существует 4 поколения хинолонов. Офлоксацин относится ко второму и является монофторированным.

Офлоксацин имеет широкий спектр действия. Действует на бактериальный фермент ДНК-гиразу, обеспечивающую сверхспирализацию и, таким образом, стабильность ДНК бактерий (дестабилизация цепей ДНК приводит к их гибели). Оказывает бактерицидный эффект. Препарат активен в отношении микроорганизмов, продуцирующих β-лактамазы и быстрорастущих атипичных микобактерий. Лекарственное вещество показано при инфекционно-воспалительных заболеваниях ЛОР-органов, кожи и мягких тканей, органов брюшной полости, костей и суставов, инфекций мочеполовой системы.

Офлоксацин представляет собой кристаллическое вещество белого или слегка желтоватого цвета, без запаха. Удельное вращение от +1 до -1° (1 %-ный раствор в хлороформе), температура плавления 250–257°C. Умеренно растворим в хлороформе и 0,1 М растворе натрия гидроксида, практически нерастворим в этаноле, мало растворим в ДМФА и воде. Для повышения биологической доступности данного ЛС могут применяться физические методы повышения растворения в воде (Новиков, 2008).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В обзор были включены статьи, опубликованные на русском и английском языке. Поиск был ограничен периодом с 1991 по 2022 год; дата начала соответствует времени, когда стали появляться исследования по производству твердых дисперсий. В центре внимания были статьи, опубликованные в научных журналах, прошедшие процедуру рецензирования, подтверждающую ее качество.

Процедура исследования

Первичное сканирование баз данных Scopus и WoS помогло выявить при помощи ключевых слов «твердые дисперсии», «твердые дисперсные системы» ряд исследований с заданным индексом цитирования (цитирует-

ся более 50 раз). Далее источники были ранжированы в рамках исследуемого временного промежутка. На следующем этапе нами были проанализированы пристатейные списки литературы в выделенных нами для анализа статьях с целью анализа используемых методов при получении твердых дисперсий. В результате этого итеративного поиска было выделено 60 исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физические методы повышения биодоступности

К данным методам относят перекристаллизацию из различных растворителей и механическое измельчение лекарственного вещества. Наиболее перспективным является метод получения твёрдых дисперсионных систем (ТДС) (Virragunta et al., 2007, Терентьева и др., 2020, Беляцкая и др., 2020). Твёрдую дисперсную систему можно определить как дисперсию одного или нескольких активных ингредиентов в инертном носителе или матрице в твёрдом состоянии (Vilhelmsen et al., 2005). В данном случае препарат должен иметь гидрофобный характер, тогда как матрица должна быть гидрофильной. Полученная твёрдая дисперсия может классифицироваться на простую эвтектическую смесь, твёрдый раствор, стекловидный раствор или суспензию, аморфный осадок в кристаллическом носителе (Tekade et al., 2020, Hasegawa et al., 2005). Применение ТДС при разработке новых ЛС позволяет повысить биодоступность за счет увеличения растворимости и скорости высвобождения ЛС из лекарственной формы (ЛФ), оптимизировать высвобождение ЛС из ЛФ, создать ЛФ с контролируемым высвобождением ЛС, а также нивелировать побочные эффекты препарата за счёт уменьшения дозы действующего вещества (Гулякин et al., 2014; Agung, 2021; Amidon, 1995; Preetham, 2011; Kantamaneni et al., 2013).

Технологические приёмы, используемые в фармацевтической практике для получения ЛФ на основе ТДС, могут быть классифицированы следующим образом:

- (1) Метод совместного диспергирования основан на микронизации ЛС и вещества-носителя и перевода их в аморфное состояние (Kantamaneni, 2013);
- (2) Метод «замешивания», при котором ЛС и полимер-носитель измельчаются в среде летучего растворителя до полного удаления последнего (Janssens, 2008).

Следующие два метода наиболее широко применяются для получения твёрдых дисперсий.

- (1) Метод плавления. Данный метод был впервые использован Seguchi и Obi для изготовления простых эвтектических смесей. Суть метода состоит в плавлении лекарства в носителе с последующим ох-

лаждением и измельчением полученного продукта. В процессе могут появиться ограничения, связанные с использованием высокой температуры и возможностью разрушения препарата во время плавления, неполная совместимость между лекарственным веществом и носителем. Для преодоления данных явлений процесс можно оптимизировать с помощью экструзии на стадии расплава, агломерации расплава, плавления под давлением (Jagdale et al., 2018; Dewan, 2012; Saffoon et al., 2011; Mogal et al., 2012).

- (2) Метод испарения растворителя — просто способ получения твёрдых дисперсий, в котором лекарственное средство и носитель растворяются в подходящем летучем растворителе, который позже выпаривают (Vinay et al., 2012; Chiou, 1970).
- (3) И, в конечном итоге, могут использоваться комбинации вышеуказанных методов (Гулякин и др., 2014; Dumbre, et al., 2014).

К преимуществам твёрдых дисперсионных систем относят:

- (1) При изготовлении твёрдых дисперсий уменьшается размер частиц действующего вещества, следовательно, увеличивается общая площадь частиц, которая подвергается смачиванию, что приводит к повышению скорости растворения и увеличению биодоступности;
- (2) Структура твёрдых дисперсий обладает повышенной степенью пористости, что ускоряет профиль высвобождения лекарственного вещества из лекарственной формы. Степень повышения пористости зависит от носителя.
- (3) В твёрдых дисперсиях препараты представлены в виде пересыщенных растворов (Younis et al., 2017, Yoshihashi, et al., 2006).

Разработанные методики изготовления твёрдых дисперсных систем офлоксацина

Наиболее часто используемыми носителями являются гидрофильные поливинилпирролидон (ПВП), полиэтиленгликоли (ПЭГ) различной молекулярной массы, из поверхностно-активных веществ — твин-80, лаурилсульфат натрия (Urbanetz, 2006; Yao et al., 2005; Nagarajan et al., 2010; Karataş et al., 2005).

В исследовании, которое было проведено Pintu K De, Basudaev Sahana были использованы офлоксацин, твин-80, хлороформ, ПЭГ-6000 (гидроксильное число 16–23, молекулярная масса 5000–7000, интервал плавления 60–63 °C). Для изготовления твёрдых дисперсий использовали два метода.

- (1) Метод совместного плавления. Смесь офлоксацина с ПЭГ в соотношениях 1:10 и 2:10 помещали в тигель и подвергали плавлению в муфельной печи при

257°C с последующим быстрым охлаждением в холодильнике. Полученное соединение измельчали и добивались однородности при помощи просеивания через сита. Полученную субстанцию до использования хранили в эксикаторах.

- (2) Метод испарения растворителя. Офлоксацин и ПЭГ-6000 были растворены в общем растворителе — хлороформе. Далее растворитель выпаривали, а твёрдый остаток высушивали до постоянной массы. После чего субстанцию также измельчали, просеивали и хранили в эксикаторах до применения.

Совместимость лекарственного средства с полимером изучали таким физико-химическим методом, как инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье. Инфракрасные спектры снимали в области от 4400 до 600 см⁻¹. Полученные спектры твёрдых дисперсий сравнивали со спектрами офлоксацина и полимера-носителя (De et al. 2020; Uddin, 2010; Rao et al. 2010; Kanagale et al., 2008).

Исследование растворения твёрдой дисперсии офлоксацина с ПЭГ-6000 проводилось на аппарате «Лопастная мешалка», среда растворения — 900 мл воды очищенной, приготовленной методом дистилляции, температуру поддерживали на уровне $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$. скорость перемешивания была отрегулирована до 75 об/мин. Далее образцы измеряли на УФ-спектрофотометре при 280 нм относительно соответствующего стандартного образца. Спектры показали наличие основных пиков, ответственных за функциональные группы офлоксацина (De et al., 2020; Negi et al., 2014).

При анализе полученных спектров авторы исследования пришли к выводу, что изготовление твёрдых дисперсий методом испарения растворителя является более рациональным, так как химического взаимодействия между компонентами обнаружено не было, органолептических изменений не происходило, тогда как при изготовлении методом совместного плавления наблюдались неспецифические взаимодействия (дисперсионные, ван-дер-ваальсовы), цвет смеси вещества и носителя в процессе нагревания из белого постепенно становился желтовато-коричневым (Saritha et al., 2017; Chutimaworapans et al., 2000).

Офлоксацин более растворим при кислом pH (среда желудка), чем в нейтральной или щелочной (среда кишечника) (Okonogi et al., 1997). В исследованиях, которые проводились Thao Truong-Dinh Tran, Phuong Ha-Lien Tran, было доказано, что включение pH модификаторов в твёрдые дисперсии может заметно улучшить скорость растворения pH-зависимых плохо растворимых в воде препаратов. Данных исследований по офлоксацину не проводилось, но были изучены другие лекарственные средства с похожими физико-химическими характери-

стиками, результаты которых показывали, что применение данного приёма является эффективным (Tóth et al., 2012; Wei et al., 2013).

В исследованиях Okonogi Siriporn и Puttipipatkachorn Satit было установлено, что при добавлении поверхностно-активных веществ скорость растворения твёрдых дисперсий офлоксацина увеличивалась. После 15 минут только 65 % чистого лекарства было растворено в водной среде, в то же время 98 % растворения произошло с твёрдой дисперсией с добавлением поверхностно-активного вещества (Sadeek et al., 2013; Amidon et al., 1995). В качестве материалов в данном исследовании использовались офлоксацин, ПЭГ-4000, ПЭГ-20000, твин-80 и другие неионогенные поверхностно-активные вещества с гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ).

Бинарные твёрдые дисперсии, состоящие из офлоксацина с ПЭГ готовились в соотношении 5:5. Твин-80 в данный состав вводился третьим компонентом — получалась тройная ТДС в соотношениях 5:5:1. Скорость растворения лекарственного вещества из двойных и тройных систем была исследована с помощью аппарата «Вращающаяся корзинка» со скоростью вращения 100 об/мин. Среда растворения — вода очищенная, эксперимент проводили при 37°C. Результаты рассчитывали при помощи построения графика высвобождения лекарственного вещества в процентах в зависимости от времени. Анализ показал, что скорость растворения тройной дисперсной системы была выше, чем скорость растворения двойной ДС и, тем более, чистого лекарственного средства (Tran et al., 2010; Kumar et al., 2011; Rao et al., 2010).

Отмечено, что чем ниже молекулярная масса ПЭГ, тем выше скорость растворения системы. Добавление твина-80 увеличивает смачиваемость лекарственного средства, что помогает значительно увеличить растворимость (Ewing et al., 2014; Huang et al., 2006).

Также исследование по физико-химическим характеристикам офлоксацина с носителем ПЭГ-600 проводилось R. Harpi Prim. Третьим агентом вводился лаурилсульфат натрия. Твёрдые дисперсии изготавливались методами совместного плавления и испарения растворителя. Бинарная система без добавления поверхностно-активного вещества готовилась для сравнения. Испытания показали, что твёрдая дисперсия офлоксацина, изготовленная методом испарения растворителя, показала наиболее лучшие результаты в тесте растворения. Также тройная смесь с использованием носителя ПЭГ-6000 с добавлением ПАВ лаурилсульфата натрия обеспечивает процент растворения лекарственного вещества 102,2 %. Это доказывает, что лаурилсульфат натрия, так же как и твин-80, обладает хорошим солюбилизующим действием (Khoo et al., 2000; Law et al., 1992).

Тип носителя оказывает влияние на физико-химические свойства офлоксацина. В исследовании использовались офлоксацин, хитозан со степенью деацетелирования 85 %, ПЭГ-4000 и ПЭГ-20000, и поливинилпирролидон К90 (ПВП К90). Твёрдые дисперсии в данном случае изготавливали методом испарения растворителя. Результаты испытаний на растворения показали, что в данных системах растворимость активной субстанции значительно увеличивалась по сравнению с чистым лекарственным средством. В твёрдых дисперсиях с соотношением офлоксацина к носителю 1:9 ПЭГ-4000 обеспечивает наивысшую степень растворения лекарства, тогда как аналогичный эффект с хитозаном достигается при соотношении 1:1. Был сделан вывод, что хитозан может быть предпочтительным носителем для повышения растворения офлоксацина с помощью введения его в твёрдую фазу (Vasconcelos et al., 2007).

Проведены исследования твёрдых дисперсных систем офлоксацина с мочевиной и маннитом. Испытания проводили с помощью таких методов, как калориметрия, рентгенофазный анализ, инфракрасная спектроскопия. При помощи данных носителей удавалось достигнуть повышения растворимости, которая увеличивалась с повышением концентрации мочевины. Концентрация маннита не оказывала эффекта на растворимость офлоксацина. Проведённые анализы доказывали, что химического взаимодействия субстанции и носителей не происходило (Wang et al., 2005).

ЛИТЕРАТУРА

- Ананьева, Е. П., Баранов, С. С., Караваева, А. В., Борисенко, М. С., Соловский, М. В., Захарова, Н. В., Праздникова, Т. А., & Тарабукина, Е. Б. (2014). Полимерные комплексы офлоксацина и их антибактериальная активность. *Антибиотики и химиотерапия*, (11–12), 3–6.
- Беляцкая, А. В., Краснюк (мл.), И. И., Краснюк, И. И., Степанова, О. И., Абгарян, Ж. А., Кудинова, Т. П., Воробьев, А. Н., & Нестеренко, И. С. (2019). Изучение растворимости кетопрофена из твердых дисперсий с поливинилпирролидоном. *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*, 60(2), 124–131.
- Беляцкая, А. В., Краснюк (мл.), И. И., Елагина, А. О., Краснюк, И. И., Кашликова, И. М., Степанова, О. И., Воробьев, А. Н., Кузьменко, А. Н., Искендерова, С. Г. Г., & Канниева, Д. Р. (2020). Изучение растворимости фуразолидона из твердых дисперсий с поливинилпирролидоном. *Вестник Московского университета. Серия 2: Химия*, 67(1), С. 52–56.
- Бочков, П. О., Шевченко, Р. В., Литвин, А. А., Колыванов, Г. Б., & Жердев, В. П. (2016). Факторы, влияющие на биологическую доступность лекарственных препаратов. *Фармакокинетика и фармакодинамика*, (1), 12–20.
- Гулякин, И. Д., Николаева, Е. В., Санарова, Е. В., Ланцова, А. В., Оборотова, Н. А. (2014). Применение фармацев-

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование в фармацевтической технологии лекарственных веществ, включенных в твердые дисперсные системы, позволяет увеличить растворимость и скорость растворения фармацевтических субстанций, оптимизировать технологические свойства, а также улучшить биофармацевтические параметры лекарственного препарата, обеспечить его оптимальную стабильность. Применение твердых дисперсий в медицине и фармации обусловлено возможностью оптимизации высвобождения лекарственного вещества из лекарственной формы, повышения биодоступности и усиления фармакологической активности лекарственного вещества за счет увеличения его растворимости и скорости высвобождения из лекарственной формы.

ВКЛАД АВТОРОВ

Ю. А. Полковникова: осуществила обзор публикаций, написание текста рукописи, проверку конечной версии рукописи и перевод.

О. С. Гущина: сделала обзор публикаций, оформление рукописи.

тической технологии для повышения биодоступности лекарственных веществ. *Российский биотерапевтический журнал*, 13(3), 101–108.

Елагина, А. О., Беляцкая, А. В., Краснюк (мл.), И. И., Краснюк, И. И., Степанова, О. И., Фатеева, Т. В., Смолярчук, Е. А., Козин, С. В., Плахотная, О. Н., Растопчина, О. В., & Рау, Д. В. (2022). Разработка состава и технологии шипучих таблеток с твердой дисперсией производного нитрофурана. *Фармация и фармакология*, 10(1), 55–68. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-1-55-68>

Краснюк, И. И. (2009). Влияние твердых дисперсий на растворимость антибиотиков. *Химико-фармацевтический журнал*, 43(4), 48–50. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2009-43-4-48-50>

Краснюк (мл.), И. И., Нарышкин, С. Р., Краснюк, И. И., Беляцкая, А. В., Степанова, О. И., Бобров, И. С., Янкова, В. Г., Рау, Д. В., & Воробьев, А. Н. (2021). Влияние твердых дисперсий на растворимость метронидазола. *Фармация и фармакология*, 9(3), 195–204. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-3-195-204>

Новиков, В. Е. (2008). Фармакология хинолонов и фторхинолонов. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*, (3), 57–61.

- Попков, В. А., Решетняк, В. Ю., & Краснюк, И. И. (2009). Твёрдые дисперсии с полиэтиленгликолями в фармации. *Фармация*, (3), 39–42. <https://doi.org/10.17308/kcmf.2020.22/2820>
- Терентьева, О. А., Теслев, А. А., & Логинов, А. А. (2016). Современные подходы к повышению биологической доступности малорастворимых лекарственных средств. *Sciences of Europe*, 7–2(7), 27–31.
- Терентьева, О. А., Вайнштейн, В. А., Флисюк, Е. В., & Генералова, Ю. Э. (2020). Разработка таблеток, содержащих гигроскопичное активное вещество, с применением твердых дисперсий. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 9(1), 23–28.
- Agung, W., Wahyuni, R., Octavia, M. D., & Rivai, H. (2021). Review: Increased dissolution rate ofloxacin in solid dispersion systems. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Sciences*, (4), 31–39. <https://doi.org/10.47760/IJPSM.2021.V06I01.003>
- Amidon, G. L., Lennernas, H., Shah, V. P., & Crison, J. R. (1995). Theoretical basis for a biopharmaceutical drug classification: the correlation of in vitro drug product dissolution and in vivo bioavailability. *Pharmaceutical Research*, (12), 413–420.
- Chiou, W. L., & Riegelman, S. (1970). Oral absorption of griseofulvin in dogs: increased absorption via solid dispersion in polyethyleneglycol-6000. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 59(7), 937–942. <https://doi.org/10.1002/jps.2600590703>
- Chutimaworapan, S., Ritthidej, G. C., Yonemochi, E., Oguchi, T., & Yamamoto, K. (2000). Effect of water-soluble carriers on dissolution characteristics of ofloxacin solid dispersions. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 156(2), 175–180. <https://doi.org/10.1081/ddc-100100985>
- De, P. S., Basudev, S., & Soumen, R. (2020). Enhancement of Dissolution rate and stability study of Ofloxacin Solid dispersion. *Der Pharmacia Sinica*, 29(5), 169–181.
- Dewan I., Hossain M. A., & Islam A. (2012). Formulation and evaluation of solid dispersions of carvedilol, a poorly water-soluble drug by using different polymers. *International Journal of Research in Pharmacy & Chemistry*, 2(3), 585–593.
- Dumbre, K. A., Gadhav, M., & Gaikwad, D. (2014). Development, evaluation & characterization of surface solid dispersion for solubility & dissolution enhancement of Nifedipinenac. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and development*, 2(3), 70–77.
- Ewing, A. V., Clarke, G. S., & Kazarian, S. G. (2014). Stability of indomethacin with relevance to the release from amorphous solid dispersions studied with ATR-FTIR spectroscopic imaging. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 60, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2014.05.001>
- Hasegawa, S., Hamaura, T., Furuyama, N., Kusai, A., Yonemochi, E., & Terada, K. (2005). Effects of water content in physical mixture and heating temperature on crystallinity of troglitazone-PVP K30 solid dispersions prepared by closed melting method. *International Journal of Pharmaceutics*, 302(1–2), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.06.021>
- Huang, J., Wigent, R. J., Bentzley, C. M., & Schwartz, J. B. (2006). Nifedipine solid dispersion in microparticles of ammonio methacrylate copolymer and ethylcellulose binary blend for controlled drug delivery: Effect of drug loading on release kinetics. *International Journal of Pharmaceutics*, 319(1–2), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.03.035>
- Jagdale, S. C., Jadhav V. N., Chabukswar A. R., & Kuchekar, B. S. (2012). Solubility enhancement, physicochemical characterization and formulation of fast-dissolving tablet of nifedipine-betacyclodextrin complexes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48, 131–145. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000100015>
- Janssens, S., Denivelle, S., Rombaut, P., & Van den Mooter, G. (2008). Influence of polyethylene glycol chain length on compatibility and release characteristics of ternary solid dispersions of itraconazole in polyethylene glycol/hydroxypropylmethylcellulose 2910 E5 blends. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 35(3), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2008.06.014>
- Kanagale, P., Patel, V., Venkatesan, N., Jain, M., Patel, P., & Misra, A. (2008). Pharmaceutical development of solid dispersion based osmotic drug delivery system for nifedipine. *Current Drug Delivery*, 5(4), 306–311. <https://doi.org/10.2174/156720108785914998>
- Kantamaneni, R. D., Nagakanyaka, D. P., & Shaik, I. P. (2013). Enhancement of solubility & dissolution rate of telmisartan by spray drying technique. *Indo. American Journal of pharmaceutical Research*, (3), 1683–1689.
- Karataş, A., Yüksel, N., & Baykara, T. (2005). Improved solubility and dissolution rate of piroxicam using gelucire 44/14 and labrasol. *Il Farmaco*, 60(9), 777–782. <https://doi.org/10.1016/j.farmac.2005.04.014>
- Khoo, S.-M., Porter, C. J. H., & Charman, W. N. (2000). The formulation of Halofantrine as either non-solubilising PEG 6000 or solubilising lipid based solid dispersions: Physical stability and absolute bioavailability assessment. *International Journal of Pharmaceutics*, 205(1–2), 65–78. [https://doi.org/10.1016/s0378-5173\(00\)00485-3](https://doi.org/10.1016/s0378-5173(00)00485-3)
- Kumar Ashwini, G., Choudhary, R. K., & Chaitanya, C. (2011). Enhancement of solubility & dissolution rate of irbesartan by solid dispersion technique. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 4(2), 36–40.
- Law, S. L., Lo, W. Y., Lin, F. M., & Chaing, C. H. (1992). Dissolution and absorption of nifedipine in polyethylene glycol solid dispersion containing phosphatidylcholine. *International Journal of Pharmaceutics*, 161–166. [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(92\)90056-8](https://doi.org/10.1016/0378-5173(92)90056-8)
- Mogal, S. A., Gurjar, P. N., Yamgar D.S., & Kamod A.C. (2012). Solid dispersion technique for improving solubility of some poorly soluble drug. *Der Pharmacia Lettre*, 4(5), 1574–1586.
- Nagarajan, K., Gopal Rao, M., Satyagit, D., Pavithra, R., & Sweetha, G. (2010). Formulation and dissolution studies of solid dispersions of ofloxacin. *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 2(3), 96–98.
- Negi, M., Shukla, V. K., & Easwari, T. S. (2014). Preparation and evaluation of ofloxacin sustained released gastro retentive floating microspheres. *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 2(4), 19–24. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/2/i4/91954>
- Okonogi, S., Oguchi, T., Yonemochi, E., Puttipipatkachorn, S., & Yamamoto, K. (1997). Improved dissolution of ofloxacin via solid dispersion. *International Journal of Pharma-*

- ceutics, 28(7), 795–807. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(97\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(97)00196-8)
- Preetham, A. C., & Satish, C. S. (2011). Formulation of a poorly water-soluble drug sirolimus in solid dispersions to improve dissolution. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 32, 778–783.
- Rao, B. A., Shivalingam, M. R., Reddy, Y. V. K., Rao, S., & Sunitha, N. (2010). Formulation and evaluation of aceclofenac solid dispersions for dissolution rate enhancement. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2(2), 146–150.
- Sadeek, S., Zordok, W., & El-Shwiniy, W. (2013). Synthesis, characterization, dft modeling and antimicrobial studies on the Ti(IV), Y(III) and Ce(IV) ofloxacin solid complexes. *Journal of the Korean Chemical Society*, 57(5), 574. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2013.57.5.574>
- Saffoon, N., Uddin, R., Huda, N. H., & Sutradhar, K. B. (2011). Enhancement of oral bioavailability and solid dispersion: a review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(7), 13–20.
- Saritha, N., & Jaya, S. (2017) Preparation and evaluation of solid dispersions of ofloxacin. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 16(6), 1116–1154. <https://doi.org/10.20959/wjpr201716-10284>
- Tekade, A. R., & Yadav, J. N. (2020). A review on solid dispersion and carriers used therein for solubility enhancement of poorly water-soluble drugs. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 10(3), 359–369. <https://doi.org/10.34172/apb.2020.044>
- Tóth, G., Mohácsi, R., Rácz, Á., Rusu, A., Horváth, P., Szente, L., Béni, S., & Noszál, B. (2012). Equilibrium and structural characterization of ofloxacin–cyclodextrin complexation. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 77, 291–300. <https://doi.org/10.1007/s10847-012-0245-2>
- Tran, T. T., Tran, P. H., Lim, J., Park, J. B., Choi, S. K. & Lee, B. J. (2010). Physicochemical principles of controlled release solid dispersion containing a poorly water-soluble drug. *Therapeutic Delivery*, 1(1), 51–62. <https://doi.org/10.4155/tde.10.3>
- Uddin, R., Saffoon, N., Huda, N. H., & Jhanker, Y. M. (2010). Effect of water soluble polymers on dissolution enhancement of ibuprofen solid dispersions prepared by fusion method. *Stamford Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(1), 63–67. <https://doi.org/10.3329/sjps.v3i1.6801>
- Urbanetz, N. A. (2006). Stabilization of solid dispersions of ni-modipine and polyethylene glycol 2000. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28(1–2), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2005.12.009>
- Vasconcelos, T., Sarmiento, B., & Costa, P. (2007). Solid dispersions as strategy to improve oral bioavailability of poor water-soluble drugs. *Drug Discovery Today*, 12(23/24), 1068–1075.
- Vilhelmsen, T., Eliassen, H., & Schaefer, T. (2005). Effect of a melt agglomeration process on agglomerates containing solid dispersions. *International Journal of Pharmaceutics*, 303(1–2), 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.07.012>
- Vinay, V. N. V., Venkatesh, K., Phanindra, K., Keerthi, S., & Swatha, K. (2012). Formulation and evaluation of solid dispersions of fenofibrate for dissolution enhancement. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, 4(11), 4752–4756.
- Vippagunta, S. R., Wang, Z., Hornung, S., & Krill, S. L. (2007). Factors affecting the formation of eutectic solid dispersions and their dissolution behavior. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 303(1–2), 294–304. <https://doi.org/10.1002/jps.20754>
- Wang, X., Michoel, A., & Van den Mooter, G. (2005). Solid state characteristics of ternary solid dispersions composed of PVP VA64, Myrj 52 and itraconazole. *International Journal of Pharmaceutics*, 303(1–2), 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.07.002>
- Wei, Y. M., Xue, Z. K., Wango, P. & Zhao, L. (2013). Formulation and pharmacokinetic evaluation of once daily sustained released system of ofloxacin with solid dispersion & coating techniques. *Archives of Pharmacol Research*, 36(7), 864–73. <https://doi.org/10.1007/s12272-013-0076-8>
- Yao, W.-W., Bai, T.-C., Sun, J.-P, Zhu, C.-W., Hu, J., & Zhang, H.-L. (2005). Thermodynamic properties for the system of silybin and polyethyleneglycol-6000. *Thermochimica Acta*, 437(1), 17–20. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2005.06.012>
- Younis, M. (2017). Sold dispersion technology, a contemporary overview on a well-established technique. *Universal Journal of Pharmaceutical Research*, 2(3), 15–19. <https://doi.org/10.22270/ujpr.v2i3.RW1>
- Yoshihashi, Y., Iijima, H., Yonemochi, E., & Terada, K. (2006). Estimation of physical stability of amorphous solid dispersion using differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85, 689–692.

REFERENCES

- Ananyeva, E. P., Baranov, S. S., Karavaeva, A. V., Borisenko, M. S., Solovskiy, M. V., Zakharova, N. V., Prazdnikova, T. A., & Tarabukina, E. B. (2014). Polymer complexes of ofloxacin and their antibacterial activity. *Antibiotiki i himioterapiya* [Antibiotics and Chemotherapy], (11–12), 3–6.
- Belyatskaya, A. V., Krasnyuk (Jr.), I. I., Krasnyuk, I. I., Stepanova, O. I., Abgaryan, Zh. A., Kudinova, T. P., Vorobyov, A. N., & Nesterenko, I. S. (2019). Study of the solubility of ketoprofen from solid dispersions with polyvinylpyrrolidone. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2: Himiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 2: Chemistry], 60(2), 124–131.
- Belyatskaya, A. V., Krasnyuk (Jr.), I. I., Elagina, A. O., Krasnyuk, I. I., Kashlikova, I. M., Stepanova, O. I., Vorobyov, A. N., Kuzmenko, A. N., Iskenderova, S. G. G., & Kannieva, D. R. (2020). Study of the solubility of furazolidone from solid dispersions with polyvinylpyrrolidone. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2: Himiya* [Bulletin of Moscow University. Series 2: Chemistry], 61(1), pp. 52–56.
- Bochkov, P. O., Shevchenko, R. V., Litvin, A. A., Kolyvanov, G. B., & Zherdev, V. P. (2016). Factors affecting the bioavailability of drugs. *Farmakokinetika i farmakodinamika* [Pharmacokinetics and pharmacodynamics], (1), 12–20.

- Gulyakin, I. D., Nikolaeva, E. V., Sanarova, E. V., Lantsova, A. V., Obrotova, N. A. (2014). The use of pharmaceutical technology to increase the bioavailability of drugs. *Rossiiskij bioterapevticheskij zhurnal* [Russian Journal of Biotherapy], 13(3), 101–108.
- Elagina, A. O., Belyatskaya, A. V., Krasnyuk (Jr.), I. I., Krasnyuk, I. I., Stepanova, O. I., Fateeva, T. V., Smolyarchuk, E. A., Kozin, S. V., Plahotnaya, O. N., Rostopchina, O. V., & Rau, D. V. (2022). Development of the composition and technology of effervescent tablets with a solid dispersion of a nitrofurant derivative. *Farmaciya i farmakologiya* [Pharmacy and pharmacology], 10(1), 55–68. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-1-55-68>
- Krasnyuk, I. I. (2009). Influence of solid dispersions on the solubility of antibiotics. *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal* [Chemical Pharmaceutical Journal], 43(4), 48–50. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2009-43-4-48-50>
- Krasnyuk (Jr.), I. I., Naryshkin, S. R., Krasnyuk, I. I., Belyatskaya, A. V., Stepanova, O. I., Bobrov, I. S., Yankova, V. G., Rau, D. V., & Vorobiev, A. N. (2021). Effect of solid dispersions on the solubility of metronidazole. *Farmaciya i farmakologiya* [Pharmacy and pharmacology], 9(3), 195–204. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2021-9-3-195-204>
- Novikov, V. E. (2008). Pharmacology of quinolones and fluoroquinolones. *Obzory po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoj terapii* [Reviews of clinical pharmacology and drug therapy], (3), 57–61.
- Popkov, V. A., Reshetnyak, V. Yu., & Krasnyuk, I. I. (2009). Solid dispersions with polyethylene glycols in pharmacy. *Farmaciya* [Pharmacy], (3), 39–42. <https://doi.org/10.17308/kcmf.2020.22/2820>
- Terent'eva, O. A., Teslev, A. A., & Loginov, A. A. (2016). Modern approaches to increasing the bioavailability of poorly soluble drugs. *Sciences of Europe*, 7–2(7), 27–31.
- Terentyeva, O. A., Weinstein, V. A., Flisyuk, E. V., & Generalova, Y. E. (2020). Development of tablets containing a hygroscopic active substance using solid dispersions. *Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv* [Drug development and registration], 9(1), 23–28.
- Agung, W., Wahyuni, R., Octavia, M. D., & Rivai, H. (2021). Review: Increased dissolution rate ofloxacin in solid dispersion systems. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Sciences*, (4), 31–39. <https://doi.org/10.47760/IJPSM.2021.V06I01.003>
- Amidon, G. L., Lennernas, H., Shah, V. P., & Crison, J. R. (1995). Theoretical basis for a biopharmaceutical drug classification: the correlation of in vitro drug product dissolution and in vivo bioavailability. *Pharmaceutical Research*, (12), 413–420.
- Chiou, W. L., & Riegelman, S. (1970). Oral absorption of griseofulvin in dogs: increased absorption via solid dispersion in polyethyleneglycol-6000. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 59(7), 937–942. <https://doi.org/10.1002/jps.2600590703>
- Chutimaworapan, S., Ritthidej, G. C., Yonemochi, E., Oguchi, T., & Yamamoto, K. (2000). Effect of water-soluble carriers on dissolution characteristics of ofloxacin solid dispersions. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 156(2), 175–180. <https://doi.org/10.1081/ddc-100100985>
- De, P. S., Basudev, S., & Soumen, R. (2020). Enhancement of Dissolution rate and stability study of Ofloxacin Solid dispersion. *Der Pharmacia Sinica*, 29(5), 169–181.
- Dewan I., Hossain M. A., & Islam, A. (2012). Formulation and evaluation of solid dispersions of carvedilol, a poorly water-soluble drug by using different polymers. *International Journal of Research in Pharmacy & Chemistry*, 2(3), 585–593.
- Dumbre, K. A., Gadhave, M., & Gaikwad, D. (2014). Development, evaluation & characterization of surface solid dispersion for solubility & dissolution enhancement of Nifedipinenac. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and development*, 2(3), 70–77.
- Ewing, A. V., Clarke, G. S., & Kazarian, S. G. (2014). Stability of indomethacin with relevance to the release from amorphous solid dispersions studied with ATR-FTIR spectroscopic imaging. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 60, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2014.05.001>
- Hasegawa, S., Hamaura, T., Furuyama, N., Kusai, A., Yonemochi, E., & Terada, K. (2005). Effects of water content in physical mixture and heating temperature on crystallinity of troglitazone-PVP K30 solid dispersions prepared by closed melting method. *International Journal of Pharmaceutics*, 302(1–2), 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.06.021>
- Huang, J., Wigent, R. J., Bentzley, C. M. & Schwartz, J. B. (2006). Nifedipine solid dispersion in microparticles of ammonio methacrylate copolymer and ethylcellulose binary blend for controlled drug delivery: Effect of drug loading on release kinetics. *International Journal of Pharmaceutics*, 319(1–2), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.03.035>
- Jagdale, S. C., Jadhav V. N., Chabukswar A. R., & Kuchekar, B. S. (2012). Solubility enhancement, physicochemical characterization and formulation of fast-dissolving tablet of nifedipine-betacyclodextrin complexes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48, 131–145. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000100015>
- Janssens, S., Denivelle, S., Rombaut, P., & Van den Mooter, G. (2008). Influence of polyethylene glycol chain length on compatibility and release characteristics of ternary solid dispersions of itraconazole in polyethylene glycol/hydroxypropylmethylcellulose 2910 E5 blends. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 35(3), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2008.06.014>
- Kanagale, P., Patel, V., Venkatesan, N., Jain, M., Patel, P., & Misra, A. (2008). Pharmaceutical development of solid dispersion based osmotic drug delivery system for nifedipine. *Current Drug Delivery*, 5(4), 306–311. <https://doi.org/10.2174/156720108785914998>
- Kantamaneni, R. D., Nagakanyaka, D. P., & Shaik, I. P. (2013). Enhancement of solubility & dissolution rate of telmisartan by spray drying technique. *Indo. American Journal of pharmaceutical Research*, 3, 1683–1689.
- Karataş, A., Yüksel, N., & Baykara, T. (2005). Improved solubility and dissolution rate of piroxicam using gelucire 44/14 and labrasol. *Il Farmaco*, 60(9), 777–782. <https://doi.org/10.1016/j.farmac.2005.04.014>
- Khoo, S.-M., Porter, C. J. H., & Charman, W. N. (2000). The formulation of Halofantrine as either non-solubilising PEG 6000 or solubilising lipid based solid dispersions: Physical stability and absolute bioavailability assessment. *Internation-*

- ditional *Journal of Pharmaceutics*, 205(1–2), 65–78. [https://doi.org/10.1016/s0378-5173\(00\)00485-3](https://doi.org/10.1016/s0378-5173(00)00485-3)
- Kumar Ashwini, G., Choudhary, R. K., & Chaitanya, C. (2011). Enhancement of solubility & dissolution rate of irbesartan by solid dispersion technique. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 4(2), 36–40.
- Law, S. L., Lo, W. Y., Lin, F. M., & Chaing, C. H. (1992). Dissolution and absorption of nifedipine in polyethylene glycol solid dispersion containing phosphatidylcholine. *International Journal of Pharmaceutics*, 161–166. [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(92\)90056-8](https://doi.org/10.1016/0378-5173(92)90056-8)
- Mogal, S. A, Gurjar, P. N, Yamgar D.S., & Kamod A.C. (2012). Solid dispersion technique for improving solubility of some poorly soluble drug. *Der Pharmacia Lettre*, 4(5), 1574–1586.
- Nagarajan, K., Gopal Rao, M., Satyagit, D., Pavithra, R., & Swetha, G. (2010). Formulation and dissolution studies of solid dispersions of ofloxacin. *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 2(3), 96–98.
- Negi, M., Shukla, V. K., & Easwari, T. S. (2014). Preparation and evaluation of ofloxacin sustained released gastro retentive floating microspheres. *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 2(4), 19–24. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/2/i4/91954>
- Okonogi, S., Oguchi, T., Yonemochi, E., Puttipipatkachorn, S., & Yamamoto, K. (1997). Improved dissolution of ofloxacin via solid dispersion. *International Journal of Pharmaceutics*, 28(7), 795–807. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(97\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(97)00196-8)
- Preetham, A. C., & Satish, C. S. (2011). Formulation of a poorly water-soluble drug sirolimus in solid dispersions to improve dissolution. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 32, 778–783.
- Rao, B. A., Shivalingam, M. R., Reddy, Y. V. K., Rao, S., & Sunitha, N. (2010). Formulation and evaluation of aceclofenac solid dispersions for dissolution rate enhancement. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2(2), 146–150.
- Sadeek, S., Zordok, W., & El-Shwiniy, W. (2013). Synthesis, characterization, dft modeling and antimicrobial studies on the Ti(IV), Y(III) and Ce(IV) ofloxacin solid complexes. *Journal of the Korean Chemical Society*, 57(5), 574. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2013.57.5.574>
- Saffoon, N., Uddin, R., Huda, N. H., & Sutradhar, K. B. (2011). Enhancement of oral bioavailability and solid dispersion: a review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(7), 13–20.
- Saritha, N., & Jaya, S. (2017) Preparation and evaluation of solid dispersions of ofloxacin. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 16(6), 1116–1154. <https://doi.org/10.20959/wjpr201716-10284>
- Tekade, A. R., & Yadav, J. N. (2020). A review on solid dispersion and carriers used therein for solubility enhancement of poorly water-soluble drugs. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 10(3), 359–369. <https://doi.org/10.34172/apb.2020.044>
- Tóth, G., Mohácsi, R., Rácz, Á., Rusu, A., Horváth, P., Szente, L., Béni, S., & Noszá, B. (2012). Equilibrium and structural characterization of ofloxacin–cyclodextrin complexation. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 77, 291–300. <https://doi.org/10.1007/s10847-012-0245-2>
- Tran, T. T., Tran, P. H., Lim, J., Park, J. B., Choi, S. K. & Lee, B. J. (2010). Physicochemical principles of controlled release solid dispersion containing a poorly water-soluble drug. *Therapeutic Delivery*, 1(1), 51–62. <https://doi.org/10.4155/tde.10.3>
- Uddin, R., Saffoon, N., Huda, N. H., & Jhanker, Y. M. (2010). Effect of water soluble polymers on dissolution enhancement of ibuprofen solid dispersions prepared by fusion method. *Stamford Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(1), 63–67. <https://doi.org/10.3329/sjps.v3i1.6801>
- Urbanetz, N. A. (2006). Stabilization of solid dispersions of nimodipine and polyethylene glycol 2000. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28(1–2), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2005.12.009>
- Vasconcelos, T., Sarmiento, B., & Costa, P. (2007). Solid dispersions as strategy to improve oral bioavailability of poor water-soluble drugs. *Drug Discovery Today*, 12(23/24), 1068–1075.
- Vilhelmsen, T., Eliassen, H., & Schaefer, T. (2005). Effect of a melt agglomeration process on agglomerates containing solid dispersions. *International Journal of Pharmaceutics*, 303(1–2), 132–142. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.07.012>
- Vinay, V. N. V., Venkatesh, K., Phanindra, K., Keerthi, S., & Swatha, K. (2012). Formulation and evaluation of solid dispersions of fenofibrate for dissolution enhancement. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, 4(11), 4752–4756.
- Vippagunta, S. R., Wang, Z., Hornung, S., & Krill, S. L. (2007). Factors affecting the formation of eutectic solid dispersions and their dissolution behavior. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 303(1–2), 294–304. <https://doi.org/10.1002/jps.20754>
- Wang, X., Michoel, A., & Van den Mooter, G. (2005). Solid state characteristics of ternary solid dispersions composed of PVP VA64, Myrj 52 and itraconazole. *International Journal of Pharmaceutics*, 303(1–2), 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.07.002>
- Wei, Y. M., Xue, Z. K., Wango, P. & Zhao, L. (2013). Formulation and pharmacokinetic evaluation of once daily sustained released system of ofloxacin with solid dispersion & coating techniques. *Archives of Pharmacal Research*, 36(7), 864–73. <https://doi.org/10.1007/s12272-013-0076-8>
- Yao, W.-W., Bai, T.-C., Sun, J.-P, Zhu, C.-W., Hu, J., & Zhang, H.-L. (2005). Thermodynamic properties for the system of silybin and polyethyleneglycol- 6000. *Thermochimica Acta*, 437(1), 17–20. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2005.06.012>
- Younis, M. (2017). Sold dispersion technology, a contemporary overview on a well-established technique. *Universal Journal of Pharmaceutical Research*, 2(3), 15–19. <https://doi.org/10.22270/ujpr.v2i3.RW1>
- Yoshihashi, Y., Iijima, H., Yonemochi, E., & Terada, K. (2006). Estimation of physical stability of amorphous solid dispersion using differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 85, 689–692.

Пищевая ценность интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в условиях предгорной плодовой зоны Дагестана

Б. М. Гусейнова¹, М. Д. Абдулгамидов², Р. Т. Мусаева³

¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан». Махачкала, Республика Дагестан

²ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» филиал ФАНЦ РД, Махачкала, Республика Дагестан

³ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова», Махачкала, Республика Дагестан

Корреспонденция:

Гусейнова Батуч Мухтаровна,
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,
адрес: 367026, Республика Дагестан,
г. Махачкала, ул. А. Акушинского, 34 «д»,
кв. 90;
E-mail: batuch@yandex.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов

Поступила: 28.12.2021

Принята: 20.02.2022

Опубликована: 30.03.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. В условиях возрастающих требований потребителей к качеству фруктов, а пищевых предприятий к перерабатываемому сырью, актуальной проблемой остается поиск сортов садовых культур, отличающихся богатым запасом пищевых веществ в плодах. Черешня (*Prunus avium* L.) – одно из самых популярных фруктовых растений во многих странах мира.

Цель. Цель данной статьи – дать оценку пищевой ценности плодов 12 интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в агроэкологических условиях предгорной плодовой зоны Дагестана, с целью выявления среди них сортов, отличающихся наибольшей способностью к накоплению в плодах растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот и витамина С.

Материалы и методы. Состав и содержание этих пищевых веществ в черешне изучали общепринятыми методами анализа. Сорта Валерий Чкалов, Хеброс, Ламберт Компакт и Мертон Бигарро выделялись высокой концентрацией растворимых сухих веществ (14,5–15,2 %).

Результаты. Лучшая сахаристость (11,82–12,81 %) была определена у сортов – Мертон Бигарро, Софийска Хрушалка, Ламберт Компакт и Хеброс. Хорошей способностью к синтезу титруемых кислот (0,85–0,90 %) отличились сорта Гудзон, Космическая и Хеброс. В сортах Ламберт Компакт, Софийска Хрушалка, Гудзон и Хеброс определены значительные массовые концентрации витамина С (8,38–8,84 мг %). Выявленные различия биохимического состава исследованных плодов, зависящие, в основном, от сортовой принадлежности, позволили оценить их пищевую ценность и функциональную направленность. Плоды всех исследованных сортов черешни могут считаться продуктами питания функциональной направленности, так как употребление их в количестве 250 г удовлетворяет суточную потребность человека в витамине С на 16,5 (сорт Космическая) – 22,1 % (сорт Хеброс). Среди исследованных сортов черешни к группе наиболее перспективных, отличающихся наилучшей способностью к накоплению природных нутриентов, можно отнести сорта Гудзон, Ламберт Компакт, Софийска Хрушалка и Хеброс.

Выводы. Описанные сорта могут быть рекомендованы для дальнейшего успешного использования в производстве и селекционной работе с целью оптимизации промышленного сортимента черешни и решения проблемы импортозамещения обеспечения населения страны высококачественными фруктами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

черешня, интродуцированные сорта черешни, пищевая ценность, биохимический состав, предгорная плодовая зона Дагестана

Для цитирования: Гусейнова, Б. М., Абдулгамидов, М. Д., & Мусаева, Р. Т. (2022). Пищевая ценность интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в условиях предгорной плодовой зоны Дагестана. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 34–43. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s130>

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания согласно тематическому плану ФГБНУ ФАНЦ РД по теме FNMN-2022-0009 «Создание новых сортообразцов плодовых культур, адаптированных к стрессовым факторам среды, разработка и освоение экологически безопасных и конкурентоспособных систем производства и переработки плодов, овощей и картофеля», а также в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры товароведения технологии продуктов и общественного питания ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова»



<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s130>

Nutritional Value of Introduced Cherry Varieties in Conditions of Foothill Fruit Zone of Dagestan

Batuch M. Guseinova¹, Magomed D. Abdulgamidov², Ragima T. Musaeva³

¹Federal Agricultural Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Republic of Dagestan

²Dagestan breeding experimental station of fruit crops» Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Republic of Dagestan

³Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Republic of Dagestan"

Correspondence:

Batuch M. Guseinova,
Federal Agricultural Scientific Center of the Republic of Dagestan, 30, Abdurazak Shakhbanov St., Makhachkala, 367014 Republic of Dagestan
E-mail: batuch@yandex.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 28.12.2021
Accepted: 20.02.2022
Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Given the increasing requirements of consumers for the quality of fruits, and food enterprises for processed raw materials, the search for varieties of garden crops with a rich supply of food substances in fruits remains an urgent problem. Cherries (*Prunus avium* L.) are one of the most popular fruit plants in many countries of the world.

Purpose. Purpose of the article is to assess the nutritional value of the fruits of 12 introduced varieties of cherries grown in the agroecological conditions of the foothill fruit zone of Dagestan is given in order to identify among them varieties that differ in their greatest ability to accumulate soluble dry substances, sugars, tar acids and vitamin C.

Materials and Methods. The composition and content of these food substances in cherries were studied by conventional analysis methods. The identified differences in the biochemical composition of the studied fruits, depending mainly on the variety, made it possible to assess their nutritional value and functional orientation. The varieties Valery Chkalov, Hebras, Lambert Compact and Merton Bigarro were distinguished by a high concentration of soluble dry substances (14.5–15.2 %).

Results. The best saccharinity (11.82–12.81 %) was determined in varieties – Merton Bigarro, Sofiiska Hrushalka, Lambert Compact and Hebras. Hudson, Kosmicheskaya and Hebras varieties distinguished themselves with a good ability to synthesize titrated acids (0.85–0.90 %). In the varieties Lambert Compact, Sofiiska Hrushalka, Hudson and Hebras, significant mass concentrations of vitamin C (8.38–8.84 mg %) were determined. The fruits of all studied varieties of cherries can be considered food of functional orientation, since their consumption in the amount of 250 g satisfies the daily human need for vitamin C by 16.5 (Kosmicheskaya variety) – 22.1 % (Hebras variety).

Conclusions. Among the cherry varieties studied, among the most promising, distinguished by the best ability to accumulate natural nutrients, are Hudson, Lambert Compact, Sofiiska Hrushalka and Hebras. They can be recommended for further successful use in production and selection work in order to optimize the industrial variety of cherries and solve the problem of import substitution of providing the country's population with high-quality fruits.

KEYWORDS

cherry, introduced cherry varieties, nutritional value, biochemical composition, foothill fruit zone of Dagestan

To cite: Huseynova, B. M., Abdulgamidov, M. D., & Musaeva, R. T. (2022). Nutritional value of introduced cherry varieties in conditions of foothill fruit zone of Dagestan. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 34–43. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s130>

Funding: the study was carried out within the framework of the state task according to the thematic plan of the Federal Agricultural Scientific Center of the Republic of Dagestan on the topic FNMN-2022-0009 "Creation of new varieties of fruit crops adapted to environmental stress factors, development and elaboration of environmentally friendly and competitive systems for the production and processing of fruits, vegetables and potatoes", as well as in accordance with the plan of research work of the Chair of Commodity Science, Food Technology and Public Catering at Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov



ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей глобальной проблемой современного общества является сохранение здоровья и увеличение продолжительности жизни людей из-за техногенного загрязнения окружающей среды, роста количества людей, страдающих алиментарно-зависимыми заболеваниями, неправильных рационов питания большинства населения с дефицитом необходимых витаминов, макро- и микроэлементов, антиоксидантов, радиопротекторов и других нутриентов. Одна из главных причин, создавшей ситуации — это недостаточное потребление фруктов и ягод, являющихся источником целого ряда нутриентов и потому занимающих по своей значимости второе место в Пирамиде здорового питания после зерновых культур. Так, например, в среднем по России в 2018 году потребление фруктов и ягод составило 61 кг на человека, в то время как годовая норма должна составлять 113 кг. Только 10 % россиян приближаются к физиологическим критериям потребления этих продуктов, 40 % получают их вдвое меньше рекомендуемого количества, а уровень обеспечения остальной части населения крайне низок (Борисова & Хропатая, 2015).

Республика Дагестан, благодаря наличию на ее территории благоприятных почвенно-климатических условий и вертикальной поясности, является одним из главных районов промышленного выращивания фруктов и ягод (Гусейнова & Даудова, 2011; Гусейнова, 2016; Ашурбекова, Гусейнова и Даудова, 2020), в том числе и высококачественной черешни, пользующейся неограниченным спросом на потребительском рынке плодовой продукции. Сегодня общая площадь садов на территории республики превышает 34 тыс. га. Валовой сбор плодов садовых культур в 2019 году составил 173,2 тыс. тонн, что в 3,8 раза больше объема 2000 года.

Одним из самых популярных фруктовых растений в целом ряде стран мира является черешня (*Prunus avium* L.). В настоящее время её выращивают более чем в 50 странах мира. Основными производителями черешни являются Турция, США, Гонконг, Чили и Испания. Ежегодно в мире производится более 2 млн тонн черешни. Россия в среднем производит 80 тыс. тонн в год и занимает 8 позицию в списке лидеров, но такого объема производства недостаточно для удовлетворения внутреннего спроса страны (Chaovanalikit, 2003; FAO, 2010¹; Kelebek, Selli, 2011; Rusexporter, 2021²). По данным Минсельхозпрода РД в Дагестане черешневые сады занимают территорию равную примерно 1000 га, с которых соби-

рают 2,5–3 тыс. тонн урожая в год. Основные массивы черешневых садов расположены в Буйнакском, Кизилюртовском и Карабудахкентском районах республики.

В нынешних условиях развития садоводства и возрастающих требований потребителей и пищевых перерабатывающих предприятий к сорту актуальной проблемой является создание новых сортов садовых культур, в том числе и черешни, отличающихся богатым биохимическим составом, высококачественными товарными показателями и вкусо-ароматическими характеристиками плодов, которые должны сочетаться с высокой транспортабельностью, урожайностью и устойчивостью сорта к вредителям, болезням и другим негативным стрессовым факторам окружающей среды (Талыбов & Багиров, 2009; Причко, Чалая & Алехина, 2012; 2014; Быкова, Алексашина, Демидова, Макарова & Демина, 2017; Причко и Алехина, 2019).

За последние десятилетия, благодаря научным достижениям ученых, значительно обогатился сортимент черешни за счет селекции, направленной на создание высокопродуктивных, крупноплодных, с высокими потребительскими и товарными качествами плодов (Ноздрачева, 2012; Ноздрачева & Непушкина, 2018).

Большая работа по улучшению сортимента черешни проводится на ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» (ФГБНУ ДСОСПК), где выведены новые сорта черешни, характеризующиеся отличными хозяйственно-биологическими признаками, отвечающие требованиям интенсивного садоводства и являющиеся перспективными для выращивания в предгорной зоне Дагестана. Это сорта: Берекет, Гранатовая, Предгорная Дагестана, Дагестанская черная, Дагестанская желтая, Долорес, Нике и др. (Касумова, 2012; Алибеков, 2014).

Известно, что одним из методов совершенствования сортимента является интродукция сортов из других эколого-географических групп. Поэтому в Дагестане большое внимание уделяется выращиванию интродуцированных отечественных и зарубежных сортов черешни, выявлению степени их адаптации к экологическим условиям предгорной зоны при изучении пищевой ценности, товарно-технологических, физико-химических и потребительских показателей качества плодов (Дагирова, Абдулгамидов и Зубаиров, 2016).

Плоды черешни имеют достаточно разнообразный и богатый нутриентный состав, который определяет их пищевую ценность и целесообразность использования в питании в качестве источника недостающих в рационе витаминов, антиоксидантов и других БАВ (Головкин, Руденская, Трофимова, & Шретер, 2001; Солнцева и Волченкова, 2004; Цветкова, 2006; Скурихин и Тутельян,

¹ FAO (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

² Черешня и ее место на Российском рынке. (2021). Rusexporter. <http://www.rusexporter.ru/news/detail/7052/>

2007; Kirakosyan, Seymour, Llanes, Kaufman, & Bolling, 2009; Чаузова, Киселева, Смирнова, & Дронова, 2010). Плоды черешни также можно рассматривать как источники недостающих в рационе питания большинства населения нашей страны витаминов, пектиновых веществ, фенольных соединений (особенно темноокрашенные сорта) и некоторых минералов — в основном йода и железа. Из витаминов в плодах черешни преобладают витамины С и Р. Концентрация витамина С в них достигает 6–8 мг %, но некоторые сорта способны накапливать его до 12,5 мг %, а содержание витамина Р в зависимости от сорта меняется в широких пределах — от 30,9 до 126,0 мг % (Дрофичева & Мачнева, 2012; Причко, Чалая & Алехина, 2012; 2014; Быкова, Алексашина, Демидова, Макарова, & Демина, 2017; Причко & Дрофичева, 2018). Большое количество железа в плодах черешни обуславливает эффективность ее применения при железодефицитной анемии (Киселева et al., 2007). Хорошая способность к накоплению йода обуславливает целесообразность употребления черешни в пищу при заболеваниях щитовидной железы (Киселева et al., 2007). Кроме того, черешня содержит пектиновые вещества (до 0,7 %), клетчатку и фенольные соединения. Концентрация фенольных веществ, вносящих основной вклад в антиоксидантные свойства плодов черешни, составляет 10,0–323,5 мг % (Ballistreri, Continella, Gentile, Amenta, Fabroni, & Rapisarda, 2013). Имеющиеся сведения об их химическом составе объясняют не только большую популярность потребления этих полезных для здоровья плодов в свежем виде, но также необходимость увеличения объемов промышленной переработки черешни.

Одним из важнейших показателей, по которому судят о качестве перерабатываемых фруктов и ягод, является содержание в них растворимых сухих веществ, на количество которых влияют не только вид и сорт плодовых растений, но и природно-климатические условия места их произрастания. Например, по массовой концентрации растворимых сухих веществ судят о принадлежности напитка к нектару, восстановленному соку, либо к 100 %-ному соку первого отжима. Концентрация сухих веществ в плодовом сырье большей частью колеблется от 10 до 20 % в зависимости от вида и сорта фруктов и ягод, и с учетом природно-климатических условий территорий их выращивания.

Большое значение для человека имеют легко усваиваемые углеводы, которые являются основным источником энергии в организме. В плодах на долю углеводов приходится 75–80 % сухого вещества. Главными представителями углеводного комплекса плодов садовых культур являются сахара, активизирующие процессы выработки серотонина, способствующие образованию в организме человека барьеров для токсинов. Сахара — основные источники энергии и вещества, формирующие вкусовые свойства плодов. Отличительная особенность пло-

дов черешни — это ярко выраженный сладкий вкус, что обусловлено не только высоким содержанием сахаров, но и тем, что они представлены в основном фруктозой (Причко, Чалая & Алехина, 2012; 2014; Жбанова, Кружков, & Коваленко, 2016; Быкова, Алексашина, Демидова, Макарова, & Демина, 2017).

Учитывая раннее созревание черешни, практический интерес представляет изучение ее витаминного комплекса, в частности определение концентрации витамина С, являющегося важным антиоксидантом, способствующим укреплению иммунитета, обладающим противовоспалительным и антиканцерогенным действием. Известно, что по количеству витамина С плоды черешни уступают первенство только шиповнику, смородине черной и землянике, которые славятся высоким его содержанием.

Учитывая тот факт, что С-витаминную недостаточность ощущает 50 % населения России, интересно было определить, какие из исследованных сортов черешни могут быть хорошими поставщиками витамина С.

Пищевая ценность плодов черешни зависит от множества факторов: способов возделывания, сортовых генетических особенностей, почвенно-климатических условий места ее произрастания и др.

Исходя из вышесказанного, была поставлена цель данного исследования — дать характеристику пищевой ценности плодов интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в агроэкологических условиях ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур», по содержанию природных нутриентов.

В соответствие с поставленной целью решались следующие задачи:

- (1) Изучение степени накопления растворимых сухих веществ, общего сахара, титруемых кислот и витамина С в плодах черешни с учетом сортовых особенностей и влияния агроэкологических условий садовых участков, расположенных на территории ФГБНУ ДСОСПК.
- (2) Выявление среди большого ассортимента сортов черешни наиболее перспективных, отличающихся хорошей способностью накопления в плодах ценных природных нутриентов.
- (3) Оценка степени удовлетворения, в зависимости от сорта, суточной физиологической потребности организма взрослого человека в витамине С при употреблении 250 г плодов черешни.
- (4) Выявление среди исследованных интродуцированных сортов черешни тех, которые отличаются гармоничным содержанием сахаров и кислот, с лучшими глюкоацидометрическими показателями.

Такая работа, на наш взгляд, особенно важна в настоящее время для решения проблемы импортозамещения и обеспечения населения высококачественной фрукто-во-ягодной продукцией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты и методы

Работа проводилась в 2019–2021 гг. на базе ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур». Объектами исследования являлись плоды 12 интродуцированных сортов черешни, перспективных для возделывания в предгорной плодовой зоне Дагестана, выращиваемые в коллекционном саду ДСОСПК, расположенном в северно-предгорной зоне Дагестана (г. Буйнакск).

Схема посадки 6 × 5 м. Подвой — антипка. На опытных садовых участках проводились идентичные агротехнические мероприятия. Сбор плодов черешни осуществлялся по достижении ими съемной зрелости.

Определение показателей биохимического состава плодов черешни, в целях обеспечения достоверности полученных экспериментальных данных, проводили 4-кратно.

Состав и количественное содержание биоконпонентов в плодах черешни оценивали по показателям: содержание растворимых сухих веществ — ГОСТ ISO 2173³, массовая концентрация общего сахара — ГОСТ 8756.13–87⁴, наличие титруемых кислот — ГОСТ ISO 750⁵; содержание витамина С (аскорбиновая кислота) — ГОСТ 24556–89⁶.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с помощью пакета программ SPSS 12.0 для Windows. Достоверность полученных отличий определяли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми различия считали при $p \leq 0,05$. Экспериментальные данные представлены в виде среднего значения ($\bar{X}$) и стандартной ошибки среднего значения ($\pm SE$).

³ ГОСТ ISO 2173 Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200106944>

⁴ ГОСТ 8756.13–87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-8756-13-87>

⁵ ГОСТ ISO 750–2013 Межгосударственный стандарт. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200106941>

⁶ ГОСТ 24556–89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200022765>

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

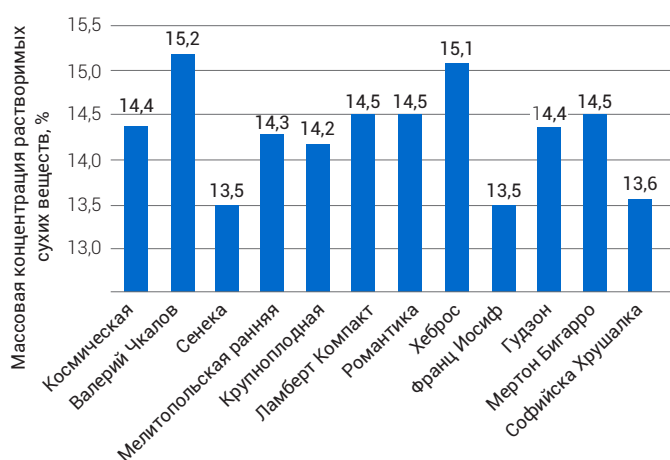
В настоящее время в производственных условиях ДСОСПК, по утвержденному тематическому плану, осуществляется испытание интродуцированных сортов черешни отечественной и зарубежной селекции. Испытание в условиях республики новых сортов черешни из разных эколого-географических групп (украинской, американской и западноевропейской), имеет как научное, так и важное производственное значение. Научное — это использование их в селекционной работе в качестве источников ценных признаков, а производственное — внедрение сортов в производство и получение высококачественных плодов черешни, отличающихся богатым запасом макро- и микронутриентов.

Результаты анализов химического состава 12 интродуцированных сортов черешни: Валерий Чкалов, Гудзон, Космическая, Крупноплодная, Ламберт Компакт, Мелитопольская ранняя, Мертон Бигарро, Романтика, Софийская Хрушалка, Сенека, Франц Иосиф и Хеброс, выращенных в условиях ДСОСПК, показали, что в них формируются не идентичные количества растворимых сухих веществ, сахаров, титруемых кислот и витамина С, характеризующих пищевую ценность и лечебно-профилактические свойства плодов черешни (см. табл. 1, рисунки 1 и 2).

Как показали результаты наших исследований, массовая доля растворимых сухих веществ (РСВ) в опытных образцах плодов черешни варьировалась в зависимости от сорта в пределах от 13,5 (сорта Франц Иосиф и Сенека) до 15,2 % (сорт Валерий Чкалов). Высокой кон-

Рисунок 1

Массовая концентрация растворимых сухих веществ в плодах интродуцированных сортов черешни ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» (средние данные за 2019–2021 гг.)



Примечание. Стандартная ошибка среднего значения ($\pm SE$) для массовой концентрации растворимых сухих веществ варьировалась в пределах 0,14–0,22.

Таблица 1

Сахарокислотный комплекс плодов интродуцированных сортов черешни, ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» (средние данные за 2019–2021 гг.)

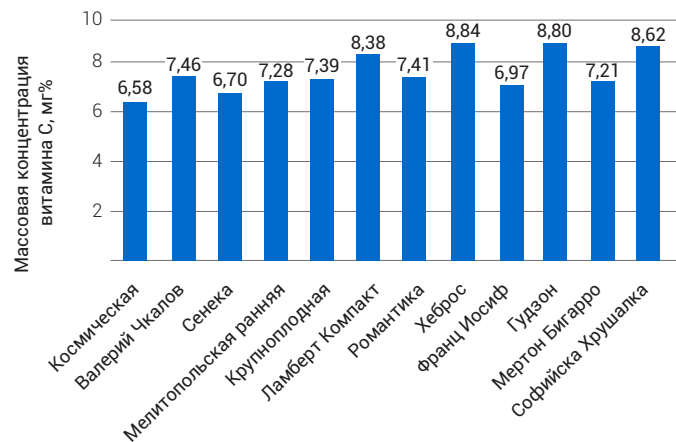
Сорт черешни	Массовая концентрация общего сахара, %	Массовая концентрация титруемых кислот, %	ГАП
Космическая	10,17±0,13	0,85±0,03	12,0
Валерий Чкалов	10,07±0,09	0,77±0,01	13,1
Сенека	10,26±0,18	0,68±0,01	15,1
Мелитопольская ранняя	10,79±0,16	0,71±0,01	15,2
Крупноплодная	11,28±0,18	0,76±0,01	14,8
Ламберт Компакт	11,85±0,25	0,80±0,02	14,8
Романтика	10,93±0,14	0,79±0,01	13,8
Хеброс	11,82±0,09	0,87±0,03	13,6
Франц Иосиф	10,77±0,10	0,68±0,01	15,8
Гудзон	11,64±0,16	0,90±0,03	12,9
Мертон Бигарро	12,17±0,17	0,80±0,02	15,2
Софийска Хрушалка	12,81±0,24	0,72±0,01	17,8

центрацией растворимых сухих веществ, кроме сорта Валерий Чкалов, отличились сорта Хеброс (15,1 %), Ламберт Компакт, Мертон Бигарро и Романтика – 14,5 % (см. рисунок 1). Количественное содержание растворимых сухих веществ в плодах черешни в большей степени зависит от сортовых особенностей. По данным Т. Г. Причко, Л. Д. Чалай, Е. М. Алёхиной (Причко, Чалай

& Алехина, 2012; 2014; Причко & Алехина, 2019] среднее содержание растворимых сухих веществ в плодах различных сортов черешни, выращенных в экологических условиях Краснодарского края, колеблется в пределах от 14,5 до 18,9 %.

Рисунок 2

Массовая концентрация витамина С в плодах интродуцированных сортов черешни ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция плодовых культур» средние данные за 2019–2021 гг.)



Примечание. Стандартная ошибка среднего значения (±SE) для массовой концентрации витамина С варьировалась в пределах 0,09–0,16.

Отличительной особенностью плодов черешни является высокое содержание в них сахаров. В работе Е. В. Жбановой, А. В. Кружкова, Т. В. Коваленко показано, что в некоторых сортах их концентрация может достигать до 18 % (Жбанова, Кружков, Коваленко, 2016). Фракционный состав сахаров в черешне представлен в основном фруктозой и глюкозой, а не сахарозой (не более 1 %), как у других косточковых культур. Поэтому плоды черешни можно считать ценным диетическим продуктом питания. Результаты биохимических исследований 12 интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в агроэкологических условиях коллекционных садов ДСОСПК, показали, что по массовой концентрации общего сахара первенство держали сорта: Софийска Хрушалка (12,81 %), Мертон Бигарро (12,17 %), Ламберт Компакт (11,85 %) и Хеброс (11,82 %), а наименее сладкими оказались плоды сортов Валерий Чкалов (10,07 %), Космическая (10,17 %) и Сенека (10,26 %) (см. таблицу 1).

Известно, что в зависимости от содержания общего сахара все виды плодов подразделяются на три группы: с высоким – 15–25, средним – 7,0–14,9 и низким количеством сахара 2,0–6,9 %. Все исследованные сорта черешни относятся к группе плодов со средним сахаронакоплением.

Вкусовые качества плодов черешни наряду с сахарами формируют и органические кислоты, служащие исходным материалом для синтеза многих химических веществ, поддерживающие кислотно-щелочное равновесие организма человека, участвующие в энергетическом обмене веществ и в процессах пищеварения. Для плодов черешни характерна низкая кислотность. Преобладающей органической кислотой в них является яблочная, имеются также лимонная, шикимовая и фумаровая кислоты [Usenik, Fabcic, Stampar, 2008].

Как видно из данных таблицы 1, наибольшей кислотностью (0,80-0,90 %) характеризовались сорта Гудзон, Ламберт Компакт, Мертон Бигарро, Космическая, Хеброс; меньшей (0,68-0,72) — Сенека, Франц Иосиф, Мелитопольская ранняя, Софийска Хрушалка. Согласно экспериментальным данным, представленным в работах других исследователей (Причко, Чалая и Алехина, 2012; 2014; Жбанова, Кружков, Коваленко, 2016; Быкова, Алексашина, Демидова, Макарова & Деменина, 2017; Причко & Алехина, 2019), содержание органических кислот в плодах черешни в зависимости от сорта варьируется от 0,35 до 1,20 %.

По массовой концентрации кислот, также как по показателю сахаристости, фрукты и ягоды подразделяются на три группы: с высоким содержанием кислот — 2–7 %, средним — 0,5–1,9 % и низким — 0,1–0,4 %. Как видно из табл. 1, все исследованные сорта по содержанию титруемых кислот в плодах, относятся к группе со средней кислотностью.

Хороший вкус плодов черешни обеспечивается оптимальным соотношением в них сахаров и кислот, создающим широкую вкусовую гамму. Соотношение содержания общего сахара и кислот в плодах характеризуется сахарокислотным индексом или глюкоацетометрическим показателем (ГАП). Наиболее высоким значением ГАП отличились сорта черешни: Софийска Хрушалка (17,8); Франц Иосиф (15,8); Мелитопольская ранняя (15,2) и Сенека (15,1). Сорт Космическая выделился самым низким значением ГАП — 12,0 (см. табл. 1).

Из витаминов в плодах черешни преобладает витамин С (аскорбиновая кислота), обладающий антиоксидантным действием, участвующий в синтезе белка и регулирующий содержание холестерина в организме человека (Kumar, Pandey, 2015). Массовые концентрации витамина С в плодах черешни, как показывают результаты исследований, приведенные в работах (Дрофичева & Мачнева, 2012; Причко, Чалая & Алехина, 2012; 2014; Быкова, Алексашина, Демидова, Макарова & Деменина, 2017; Причко & Дрофичева, 2018), различались в зависимости от сорта в широких пределах — 6–12,5 мг %. Результаты наших исследований показали, что в опытных образцах плодов черешни массовая доля витамина С изменя-

лась от 6,58 (сорт Космическая) до 8,84 мг % (сорт Хеброс) (см. рисунок 2). Высоким содержанием витамина С, наряду с сортом Хеброс, выделялись сорта: Гудзон (8,80 мг %); Софийска Хрушалка (8,62 мг %) и Ламберт Компакт (8,38 мг %).

В качестве критерия оценки полезности плодов, как источника того или иного питательно ценного компонента, Л. И. Вигоров предложил сопоставлять суточную потребность человека в этом компоненте с тем количеством, которое содержится в 250 г оцениваемых плодов (Вигоров, 1976). Это количество, по мнению автора, считается желательной нормой ежедневного потребления взрослым человеком. Медиками установлено, что суточная потребность в витамине С для взрослого человека составляет 100 мг (МР 2.3.1.0253-21⁷).

Согласно ГОСТ Р 52349-2005⁸ продукт является функциональным, если содержание функционального ингредиента в нем составляет не менее 15 % от суточной потребности организма человека. В соответствии с этим требованием, как видно из рисунка 3, плоды всех изученных сортов черешни могут считаться продуктами питания функциональной направленности, так как употребление их в количестве 250г удовлетворяет суточную потребность человека в функциональном пищевом ингредиенте, т. е. в витамине С на 16,5 (сорт Космическая) — 22,1 % (сорт Хеброс).

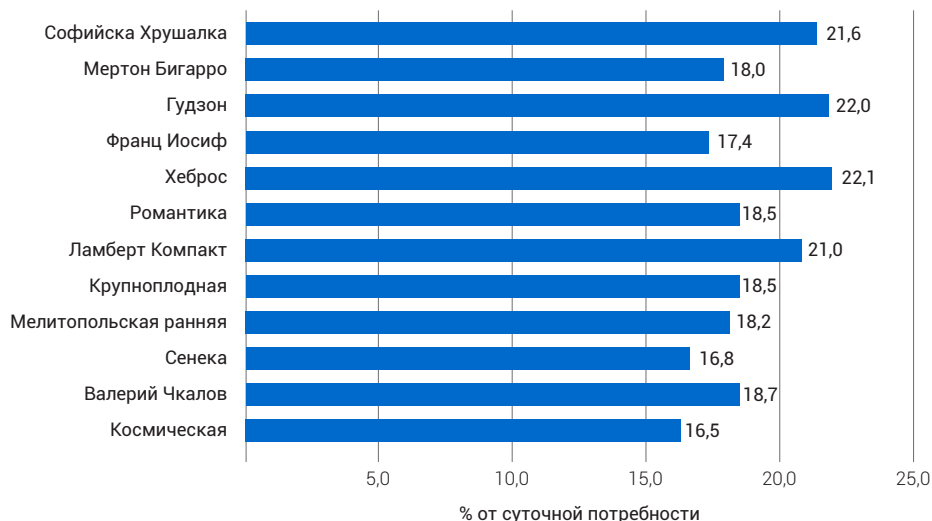
Таким образом, результаты изучения нутриентного состава плодов 12 интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в природно-климатических условиях предгорной плодовой зоны Дагестана, позволили определить сорта, наиболее способные синтезировать в плодах ценные компоненты биохимического состава. Сорта черешни Валерий Чкалов, Хеброс, Ламберт Компакт и Мертон Бигарро держали первенство по массовой концентрации растворимых сухих веществ (14,5–15,2 %). Высокой сахаристостью (11,82–12,81 %) выделились сорта Мертон Бигарро, Софийска Хрушалка, Ламберт Компакт и Хеброс. Наилучшей способностью к накоплению титруемых кислот (0,85–0,90 %) отличились сорта Гудзон, Космическая и Хеброс. Сорта

⁷ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека — Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 22.07.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573778840>

⁸ ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039951>

Рисунок 3

Удовлетворение суточной потребности организма взрослого человека в витамине С при употреблении 250 г плодов изученных сортов черешни



черешни Ламберт Компакт, Софийска Хрушалка, Гудзон и Хеброс проявили лучшую способность к накоплению витамина С (8,38–8,84 мг %).

Комплексная оценка пищевой ценности исследованных интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в агроэкологических условиях предгорной плодовой зоны Дагестана (ФГБНУ ДСОСПК), показала, что наиболее перспективными, отличающимися наилучшей способностью к накоплению природных нутриентов, являются сорта Гудзон, Ламберт Компакт, Софийска Хрушалка и Хеброс. Они могут быть представлены на государственное сортоиспытание, использованы в производстве и селекционной работе с целью оптимизации промышленного сортимента черешни, решения проблемы импортозамещения и обеспечения населения страны высококачественными фруктами.

Полученные сведения о биохимическом составе плодов исследованных интродуцированных сортов черешни, выращиваемых в предгорье Дагестана, могут быть

использованы при разработке технологий производства новых видов продуктов, обладающих диетической и лечебно-профилактической направленностью.

ВКЛАД АВТОРОВ

Б. М. Гусейнова: задумала и разработала анализ, разработала методологию и ее анализ, предоставила данные или инструменты анализа, провела анализ, написала статью

М. Д. Абдулгамидов: задумал и разработал анализ, разработал метод и его анализ, предоставил данные или инструменты анализа, провел анализ, написал статью

Р. Т. Мусаева: задумала и разработала анализ, разработала методологию и ее анализ, предоставила данные или инструменты анализа, провела анализ, написала статью

ЛИТЕРАТУРА

- Алибеков, Т. Б. (2014). Мобилизация и использование генетических ресурсов плодовых Дагестана для решения важнейших задач садоводства республики. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 27(3), 30–41.
- Ашурбекова, Ф. А., Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2020). Химический состав винограда, культивируемого в районах виноградарства Дагестана, отличающихся почвенно-климатическими условиями. *Достижения науки и техники АПК*, 34(3), 17–21.

- Борисова, О. В., & Хропатая, И. Ю. (2015). Развитие рынка ягод как фактор обеспечения продовольственной безопасности региона. *Фундаментальные исследования*, 2(19), 4239–4243.
- Быкова, Т. О., Алексашина, С. А., Демидова, А. В., Макарова, Н. В., & Деменина, Л. Г. (2017). Сравнительный анализ химического состава плодов вишни и черешни различных сортов, выращенных в Самарской области. *Известия вузов. Пищевая технология*, (1), 32–35.

- Вигоров, Л. И. (1976). *Сад лечебных культур*. Средне-Уральское книжное издательство.
- Головкин, Б. Н., Руденская, Р. Н., Трофимова, И. А., & Шретер, А. И. (2001). *Биологически активные вещества растительного происхождения*. Том 1. Наука.
- Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2011). Биохимический состав плодов хурмы, выращиваемой в Дагестане, и его изменение в процессе холодного хранения. *Сельскохозяйственная биология*, 46(5), 107–112.
- Гусейнова, Б. М. (2016). Пищевая ценность дикорастущих плодов из горного Дагестана и ее сохранность после быстрого замораживания и холодного хранения. *Вопросы питания*, 85(4), 76–81.
- Дагирова, Х. Б., Абдулгамидов, М. Д., & Зубаиров, Р. Г. (2016). Агробиологическая и биохимическая оценка плодов интродуцированных сортов черешни в условиях предгорной зоны Дагестана. *Горное сельское хозяйство*, (3), 120–125.
- Дрофичева, Н. В., & Мачнева, И. А. (2012). Оценка сортов плодово-ягодных культур для создания рецептурных композиций продуктов питания с радиопротекторными свойствами. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 18, 129–137.
- Жбанова, Е. В., Кружков, А. В., & Коваленко, Т. В. (2016). Товарно-потребительские качества и химический состав перспективных сортов и форм черешни в условиях ЦЧР. *Вестник ОрелГАУ*, 5(62), 30–35.
- Касумова, Ф.-Х. Г. (2012). Генетические ресурсы косточковых культур для создания новых сортов на юге России. *Плодоводство и виноградарство Юга России*, 15(3), 43–50.
- Киселева, Т. Л., Карпеев, А. А., Смирнова, Ю. А., Амалицкий, В. В., Сафонов, В. П., Цветаева, Е. В., Блинков, И. Л., Коган, Л. И., Чепков, В. Н., & Дронова, М. А. (2007). *Лечебные свойства пищевых растений*. Издательство ФНКЭЦ ТМДЛ Росздрава.
- Ноздрачева, Р. Г. (2012). *Черешня*. Издательский дом «Социум».
- Ноздрачева, Р. Г., & Непушкина, Е. В. (2018). Сорто-подвойные комбинации черешни для промышленного садоводства ЦЧР. *Селекция и сорторазведение садовых культур*, 5(1), 86–89.
- Причко, Т. Г., & Алехина, Е. М. (2019). Оптимизация сортового состава черешни по качественным показателям плодов на юге России. *Аграрная Россия*, (1), 15–18.
- Причко, Т. Г., & Дрофичева, Н. В. (2018). Формирование многокомпонентных продуктов лечебно-профилактического питания из плодово-ягодного сырья, произрастающего в условиях юга России. *Инновации и продовольственная безопасность*, 2(20), 73–79.
- Причко, Т. Г., Чалая, Л. Д., & Алехина, Е. М. (2012). Результаты сортоизучения плодов черешни, произрастающей в условиях юга России. *Научная жизнь*, (2), 93–103.
- Причко, Т. Г., Чалая, Л. Д., & Алехина, Е. М. (2014). Биологические особенности и химический состав плодов черешни районированных в Краснодарском крае сортов. *Вестник российской академии сельскохозяйственных наук*, (1), 62–65.
- Скурихин, И. М., & Тутельян, В. А. (2007). *Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания*. ДеЛи принт.
- Солнцева, Л., & Волченкова, О. (2004). *Лекарственные плоды. Овощи, фрукты, орехи и ягоды*. Аркаим.
- Талыбов, Т. Г., & Багиров, О. Р. (2009). Перспективные сорта и формы вишни и черешни Нахчыванской автономной республики. *Садоводство и виноградарство*, (5), 32–35.
- Цветкова, Е. (2006). *Кладовая здоровья на вашем столе: Фрукты*. Наука и Техника.
- Чаузова, А. В., Киселева, Т. Л., Смирнова, Ю. А., & Дронова, М. А. (2010). Лечебные свойства плодов отечественных косточковых культур. *Традиционная медицина*, 2(21), 46–53.
- Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., & Rapisarda, P. (2013). Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Food Chemistry*, 140(4), 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.024>
- Chaovanalikit, A. (2003). *Cherry Phytochemicals* [Doctoral Dissertation, Oregon State University]. Corvallis, USA.
- Kelebek, H., & Selli, S. (2011). Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(12), 2530–2537. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x>
- Kirakosyan, A., Seymour, E. M., Llanes, D. E. U., Kaufman, P. B., & Bolling, S. F. (2009). Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products. *Food Chemistry*, 115(1), 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.042>
- Kumar, S., & Pandey, A.K. (2015). Free radicals: health implications and their mitigation by herbals. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 7(6), 438–457.
- Usenik, V., Fabcic, J., & Stampar, F. (2008). Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 107, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004>

REFERENCES

- Alibekov, T. B. (2014). Mobilization and use of genetic resources of fruit Dagestan to solve the most important tasks of gardening of the republic. *Plodovodstvo i vinogradarstvo YUga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia], 27(3), 30–41.
- Ashurbekova, F. A., Gusejnova, B. M., & Daudova, T. I. (2020). Chemical composition of grapes cultivated in the areas of viticulture of Dagestan, differing in soil and climatic conditions. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology agro-industrial complex], 34(3), 17–21.
- Borisova, O. V., & Hropataya, I. YU. (2015). Development of the berries market as a factor in ensuring food security in the region. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic researches], 2(19), 4239–4243.

- Bykova, T. O., Aleksashina, S. A., Demidova, A. V., Makarova, N. V., & Demenina, L. G. (2017). Comparative analysis of the chemical composition of cherry and cherry fruits of various varieties grown in the Samara region. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of universities. Food technology], (1), 32–35.
- Vigorov, L. I. (1976). *Sad lechebnyh kul'tur* [Garden of healing cultures]. Sredne-Ural'skoe kn. izdatelstvo.
- Golovkin, B. N., Rudenskaya, R. N., Trofimova, I. A., & Shreter, A. I. (2001). *Biologicheski aktivnye veshchestva rastitel'nogo proiskhozhdeniya* [Biologically active substances of plant origin]. Nauka.
- Guseynova, B. M., & Daudova, T. I. (2011). Biochemical composition of persimmon fruits grown in Dagestan and its change during cold storage. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology], 46(5), 107–112.
- Guseynova, B. M. (2016). Nutritional value of wild fruits from mountain Dagestan and its preservation after quick freezing and cold storage. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 85(4), 76–81.
- Dagirova, H. B., Abdulgamidov, M. D., & Zubairov, R. G. (2016). Agrobiological and biochemical assessment of the fruits of introduced cherry varieties in the conditions of the foothill zone of Dagestan. *Gornoe sel'skoe hozyajstvo* [Mountain agriculture], (3), 120–125.
- Droficheva, N. V., & Machneva, I. A. (2012). Evaluation of fruit and berry crop varieties for creation of recipe compositions of food products with radioprotective properties. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia], 18, 129–137.
- ZHbanova, E. V., Kruzhkov, A. V., & Kovalenko, T. V. (2016). Commercial and consumer qualities and chemical composition of prospective cherry varieties and forms in the CCR conditions. *Vestnik OrelGAU* [Bulletin of OrelGAU], 5(62), 30–35.
- Kasumova, F.-H. G. (2012). Genetic resources of bone crops to create new varieties in southern Russia. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia], 15(3), 43–50.
- Kiseleva, T. L., Karpeev, A. A., Smirnova, YU. A., Amalitsky, V. V., Safonov, V. P., Tsvetaeva, E. V., Blinkov, I. L., Kogan, L. I., Chepkov, V. N., & Dronova, M. A. (2007). *Lechebnye svojstva pishchevyh rastenij* [Medicinal properties of food plants]. Moscow: FNKEC TMDL Roszdava, 533.
- Nozdracheva, R. G. (2012). *CHereshnya* [Sweet cherry]. Izdatel'skij dom «Socium».
- Nozdracheva, R. G., & Nepushkina, E. V. (2018). Porto-domestic cherry combinations for industrial gardening of the CCR. *Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur* [Selection and gardening of garden crops], 5(1), 86–89.
- Prichko, T. G., & Alekhina, E. M. (2019). Optimization of cherry grade composition according to quality indicators of fruits in southern Russia. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], (1), 15–18.
- Prichko, T. G., & Droficheva, N. V. (2018). Formation of multi-component products of therapeutic and prophylactic nutrition from fruit and berry raw materials growing in conditions of southern Russia. *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'* [Innovation and food security], 2(20), 73–79.
- Prichko, T. G., CHalaya, L. D., & Alyohina, E. M. (2012). Results of class study of cherry fruits growing in conditions of southern Russia. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], (2), 93–103.
- Prichko, T. G., CHalaya, L. D., & Alyohina, E. M. (2014). Biological features and chemical composition of cherry fruits zoned in the Krasnodar Territory. *Vestnik rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], (1), 62–65.
- Skurihin, I. M., & Tutel'yan, V. A. (2007). *Tablicy himicheskogo sostava i kalorijnosti rossijskih produktov pitaniya* [Tables of chemical composition and calorie content of Russian food products]. DeLi print.
- Solnceva, L., & Volchenkova, O. (2004). *Lekarstvennye plody. Ovoshchi, frukty, orekhi i yagody* [Medicinal fruits. Vegetables, fruits, nuts and berries]. Arkaim.
- Talybov, & T. G., Bagirov, O. R. (2009). Promising varieties and forms of cherries and cherries of the Nakhchivan Autonomous Republic. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Horticulture and viticulture], (5), 32–35.
- Cvetkova, E. (2006). *Kladovaya zdorov'ya na vashem stole: Frukty* [Health pantry on your desk: Fruit]. Nauka i Tekhnika.
- CHauzova, A. V., Kiseleva, T. L., Smirnova, YU. A., & Dronova, M. A. (2010). Therapeutic properties of fruits of domestic bone crops. *Tradicionnaya medicina* [Traditional medicine], 2(21), 46–53.
- Ballistreri, G., Continella, A., Gentile, A., Amenta, M., Fabroni, S., & Rapisarda, P. (2013). Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Food Chemistry*, 140(4), 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.024>
- Chaovanalikit, A. (2003). *Cherry Phytochemicals* [Doctoral Dissertation, Oregon State University]. Corvallis, USA.
- Kelebek, H., & Selli, S. (2011). Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(12), 2530–2537. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x>
- Kirakosyan, A., Seymour, E. M., Llanes, D. E. U., Kaufman, P. B., & Bolling, S. F. (2009). Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products. *Food Chemistry*, 115(1), 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.042>
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2015). Free radicals: health implications and their mitigation by herbals. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 7(6), 438–457.
- Usenik, V., Fabcic, J., & Stampar, F. (2008). Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 107, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s104>

УДК: 665.33:665.11

Состояние и перспективы использования масла Аргании колючей в питании и диетотерапии

Е. Ю. Егорова, Э. Аюб

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет
им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия

Корреспонденция:

Егорова Елена Юрьевна,
ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
адрес: 656038, Россия,
г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
кафедра ТХПЗ.
E-mail: egorovaeyu@mail.ru.

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов

Поступила: 12.09.2021**Принята:** 10.01.2022**Опубликована:** 30.03.2022**Copyright:** © 2022 Авторы**АННОТАЦИЯ**

Введение. Наряду с высокой пищевой ценностью арганового масла, географический ареал произрастания Аргании колючей весьма ограничен, вид плохо поддается интродукции, что является ведущей причиной завышенной рыночной стоимости масла, его фальсификации и ограниченности круга реальных потребителей.

Цель. Цель статьи — произвести поиск технологических решений, позволяющих обеспечить возможность включения арганового масла в рацион большего числа потребителей и вместе с тем сделать бессмысленной саму идею фальсификации этого продукта.

Материалы и методы. На основании обзора и анализа мирового опыта по получению и пищевому использованию масла Аргании колючей, была рассмотрена взаимосвязь между технологическими приемами выделения и очистки масла и составом его биологически активных компонентов: полиненасыщенных жирных кислот, токоферолов, стеролов, фенольных соединений. Проанализированы основные направления использования арганового масла в диетическом питании и обобщены результаты международных клинических исследований, основанных на включении арганового масла в диетотерапию при метаболических нарушениях и психо-неврологических расстройствах различной природы.

Результаты. Отмечена эффективность компонентов арганового масла в экспрессии генов и ремодуляции метаболизма стероидов и гормонов. Показано, что при регулярном включении в рацион компоненты арганового масла обеспечивают желчегонное, кардио-, гепато- и химиопротекторное действие, проявляют нейропротекторные эффекты в отношении причин когнитивных нарушений и нервно-психических расстройств.

Выводы. Таким образом, включение арганового масла в рацион потребителей и исключение фальсификации данного продукта может быть достигнуто при научно-обоснованном комбинировании арганового масла с другими пищевыми растительными маслами, имеющими отличающийся состав жирных кислот и сопутствующих биологически активных компонентов. Предложены перспективные направления купажирования растительных масел.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Аргания колючая, аргановое масло, состав жирных кислот, токоферолы, стеролы, диетическое питание, комбинирование масел



Для цитирования: Егорова, Е. Ю., & Аюб, Э. (2022). Состояние и перспективы использования масла Аргании колючей в питании и диетотерапии. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 44–61. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s104>.

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.11.s104>

Status and Prospects for the Use of Argan Oil in Nutrition and Diet Therapy

Elena Yu. Egorova, E. Ayoub

Altai State Technical university named
after I. I. Polzunov, Barnaul, Russia

Correspondence:

Elena Yu. Egorova,

Altai State Technical university named
after I. I. Polzunov, 46, Lenina Av., Barnaul,
656038, Russia

E-mail: egorovaeyu@mail.ru.

Declaration of competing interest:

none declared.

Received: 12.09.2021

Accepted: 10.01.2022

Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Along with the high nutritional value of argan oil, the geographical area of growth of Argan tree (*Argania spinosa*) is very limited, the species is difficult to introduce, which is the leading reason for the overestimated market value of the oil, its adulteration and the restricted access for its consumers.

Purpose. The purpose of the article is to search for technological solutions that make it possible to include argan oil in the diet of a larger number of consumers and at the same time make the very idea of adulterating this product meaningless.

Materials and Methods. Based on a review and analysis of world experience in the production and food use of Argan oil, the relationship between the technological methods of extracting and refining the oil and the composition of its biologically active components: polyunsaturated fatty acids, tocopherols, sterols, phenolic compounds was considered. The main directions of the use of argan oil in dietary nutrition are analyzed and the results of international clinical studies based on the inclusion of argan oil in diet therapy for metabolic disorders and psycho-neurological disorders of various nature are summarized.

Results. The effectiveness of argan oil components in gene expression and remodulation of steroid and hormone metabolism has been noted. It has been shown that with regular inclusion in the diet, the components of argan oil provide a choleretic, cardio-, hepato- and chemoprotective effect, and exhibit neuroprotective effects against the causes of cognitive impairment and neuropsychiatric disorders.

Conclusions. Thus, the inclusion of argan oil in the diet of consumers and the exclusion of its adulteration can be achieved by combining argan oil with other edible vegetable oils that have a different composition of fatty acids and related biologically active components. Promising directions for blending vegetable oils are proposed.

KEYWORDS

Argania spinosa, argan oil, fatty acid composition, tocopherols, sterols, diet food, combination of oils



To cite: Egorova, E. Yu., & Ayub, E. (2022). State and prospects for the use of Argan oil in nutrition and diet therapy. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 44–61. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.11.s104>

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность вопроса

Аргания колючая (*Argania spinosa* (L.) Skeels [Sapotaceae]), из семян которой получают пищевое и косметическое масло (аргановое масло, масло арганы), — эндемик субтропиков, произрастающий в основном на юго-западе Марокко, где, по разным оценкам, занимает площадь от 800 тыс. га (Majourhat, 2007) до 1 млн га (Mounir, 2015); встречается также в двух южных районах Алжира (Kechabar, 2013; Kouidri, 2014). Вид плохо поддается интродукции, вследствие чего в значимом масштабе за пределами родного ареала очень долго не возделывался (El Abbassi, 2014), хотя и предпринимались многочисленные попытки культивирования Аргании колючей на территории Туниса, Испании и Израиля.

Из 100 кг плодов этого дерева при ручном способе получают от 1,5 до 2,5 л масла, при механизированном — не более 4–5 л. С 1 тонны в год — в начале механизированного производства — экспорт масла, производимого в Марокко, вырос до 1387 тонн в 2016 году (Charrouf, 2018) и более чем 4,4 тысяч тонн — в последние годы. Дефицит, вызванный превышением спроса на масло над предложением, в последние годы перекрывается Израилем, не так давно все же реализовавшим идею направленного сельхозвозделывания Аргании колючей и промышленной переработки её плодов.

В целом, за последнее десятилетие рыночная цена арганового масла многократно выросла, спровоцировав рост продаж разбавленного продукта (Momchilova, 2016). Если еще в 2012 году на мировом рынке 1 литр масла стоил около 100 €/л (Ourrach, 2012), что соответствовало 110–120 \$/л, в 2017 году на европейском рынке она составляла уже, в среднем, 150 €/л (Guillaume, 2019) или 165–170 \$/л, то по данным за 2020 год стоимость 1 л арганового масла возросла до 300 \$/л¹. Сегодня аргановое масло можно найти на рынках Северной Америки, Европы и Японии. Крупнейшими импортерами считаются Франция и Германия (Roumane, 2017), в основном — косметические концерны. С 2018 года рынок арганового масла оценивается более, чем в 70 млн. \$ с потенциалом

роста к 2025 году на 20,7 %², а к 2027 году прогнозируется, что он достигнет 507 млн \$³.

Рост стоимости, при выявленных в последние десятилетия выраженных диетотерапевтических свойствах арганового масла, является причиной его фальсификации и ограниченности круга потребителей. Вместе с тем, ежегодный рост числа публикаций об аргановом масле и его мощных клинических эффектах свидетельствует об обоснованности интереса к этому продукту и актуальности исследований, направленных на поиск современных технологических решений, позволяющих обеспечить возможность включения арганового масла в рацион большего числа потребителей и вместе с тем сделать бессмысленной саму идею фальсификации этого продукта.

Современное понимание баланса жирных кислот в рационе

Растительные масла являются неотъемлемым компонентом ежедневного рациона. Однако, начиная с 80-х годов XX века, наблюдается выраженный дисбаланс потребления жировых продуктов с преобладанием рафинированных, насыщенных, транс-изомер-содержащих жиров. Длительная приверженность населения к неправильным пищевым привычкам, как в России, так и в странах Америки, Азии и Европы, спровоцировала повсеместный всплеск заболеваний, связанных с нарушениями естественного метаболизма, — сердечно-сосудистых, онкологических, метаболического синдрома, дерматологических изменений и даже психо-неврологических расстройств, зависящих от эффективности усвоения и метаболизации полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и жирорастворимых антиоксидантов (Simopoulos, 2008; Balić, 2020).

Неоднократно отмечалось, что дисбаланс ПНЖК в рационе приводит к различным нарушениям метаболизма (Григорьева, 2020). Регулярное недопотребление жирных кислот ω -6 тесно взаимосвязано с риском смертности от сердечно-сосудистых заболеваний по большинству основных причин, а недопотребление кислот ω -3 — с общей смертностью от метаболических и сердечно-сосудистых заболеваний (Simopoulos, 2008; Hooper, 2018;

¹ Argan oil can cost as much as \$300 per liter. Why is it so expensive? (2020). INSIDER. https://www.businessinsider.com/why-argan-oil-is-so-expensive-morocco-goats-trees-beauty-2020-8?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+typepad%2Falleyinsider%2Fsilicon_alley_insider+%28Silicon+Alley+Insider%29

² Morocco Argan Oil Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Natural, Organic), By Form (Absolute, Blend, Concentrate), By Application, By Distribution Channel, And Segment Forecasts, 2019–2025. (2019). ID: GVR-3-68038-982-1. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/morocco-argan-oil-market>

³ Argan Oil Market Size, Share & Trends Analysis Report by Type (Conventional, Organic), by Form (Absolute, Concentrate, Blend), by Application, by Distribution Channel, by Region, and Segment Forecasts, 2020–2027, Report ID: 978-1-68038-671-4 (2020). <https://www.grandviewresearch.com/industryanalysis/argan-oil-market>

Сметнева, 2020). Являясь биохимическими предшественниками длинноцепочечных жирных кислот и более сложных соединений — эйкозаноидов, ПНЖК обеих семейств регулируют ход самых разных метаболических процессов. Поэтому, согласно современным оценкам ситуации, снижение риска алиментарнозависимых заболеваний возможно только при регулярном поступлении в рацион нерафинированных растительных масел, от природы богатых ПНЖК, токоферолами и другими биоактивными компонентами. Важная рекомендация состоит в том, что все эти компоненты должны поступать в организм в рациональном соотношении.

Вместе с тем, вопрос об оптимальном соотношении в рационе жирных кислот разных групп и семейств до сих пор открыт. Так, существуют рекомендации по оптимальности соотношения насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот 1:1:1 (Gulla, 2010; Abdel-Razek, 2011). В разные годы для профилактики и комплексной диетотерапии разных заболеваний предлагались соотношения жирных кислот семейств ω -3 и ω -6 от 1:20 до 1:3-5 и даже 1:1 или 2:1,25 (Simopoulos, 2008; Gómez Candela, 2011). В соответствии с рекомендациями Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи (г. Москва), соотношение жирных кислот ω -3: ω -6 в рационе здорового человека должно составлять 1:10, при соблюдении лечебной диеты — 1:3-5. Всё больше внимания уделяется значению жирных кислот ω -3, их включению в профилактическое и специальное диетическое питание⁴. По α -линоленовой кислоте и длинноцепочечным жирным кислотам семейства ω -3, естественным источником которых является рыбий жир, медицинскими организациями многих стран установлены адекватные уровни потребления⁵.

Необходимость обеспечения искомого баланса в рационе жирных кислот ω -3 и ω -6, отсутствие природных жиров оптимального состава является ведущей причиной разработки смесевых растительных масел с оптимизированным соотношением жирных кислот ω -3 и ω -6 (Паршакова, 2017; Тохириён, 2017; Voskanyan, 2019; Simakova, 2019). Современные подходы к комбинированию растительных масел основаны преимущественно на достижении рекомендуемого соотношения ПНЖК. Попутно оцениваются значение сопутствующих жирорастворимых биологически активных компонентов растительных масел и перспективы их включения в состав моделируемых смесевых композиций.

Многие годы наиболее ценными с позиций питания, проверенными источниками незаменимых жирных кислот ω -6 и ω -3 считалось масло орехов (Ших, 2020) и семян льна (Goyal, 2014; Patel, 2021). Льняное масло не утратило своей диетической ценности⁶, но имеет слишком специфичный запах, в связи с чем в последнее время в качестве источника кислот ω -3 стали также использовать рыжиковое и горчичное масло (Nosenko, 2017; Simakova, 2019).

За рубежом тема купажирования масел не настолько популярна, как в России. Тем не менее, примеров целенаправленного смешивания пищевых растительных масел, как с целью улучшения баланса ПНЖК, так и для повышения устойчивости масел к окислению, вполне достаточно. Так, исследовалась стабильность смесей: рафинированного подсолнечного с прессовыми оливковым и кунжутным (Hassanien, 2010); рафинированных подсолнечного и соевого масел с оливковым маслом первого отжима (Abdel-Razek, 2011) и кунжутным маслом (Hassanien, 2012); смеси соевого масла и пальмового олеина с кунжутным маслом (Gulla, 2010); двухкомпонентных композиций на основе соевого масла с добавлением масла облепихи, или камелии, масла рисовых отрубей, кунжутного, арахисового масла (Li, 2014); двухкомпонентных смесей из лидирующих по объемам производства масел — пальмового олеина с рапсовым или подсолнечным маслом, соевого с подсолнечным или рапсовым маслом (Ahmadi, 2019); масла семян периллы с оливковым маслом первого отжима (Torri, 2019), и т. д. Авторами всех этих работ показано, что смешивание рафинированных пищевых растительных масел с маслами, богатыми природными антиоксидантами, приводит к улучшению дегустационных свойств получаемых жировых композиций относительно некоторых из них, а также обеспечивает повышение устойчивости этих композиций к окислительным процессам по сравнению с исходными рафинированными маслами, в том числе благодаря синергетическому взаимодействию объединяемых в купаже антиоксидантов разных видов масел (Abdel-Razek, 2011). Предполагается, что получаемые таким образом смеси масел могут служить источниками биоактивных компонентов, необходимых для профилактики хронических заболеваний, препятствующих развитию окислительного стресса и таких его последствий, как рак и ишемическая болезнь сердца (Hassanien, 2012). Важным считается и то, что смешивание различных видов растительных масел позволяет не только изменить профиль жирных кислот и повысить биодоступность антиоксидантов липидной природы, но и обеспечить более широкие слои потребителей качественным и полезным жировым продуктом по доступной цене (Marmesat Rodas, 2012).

⁴ Диагностика и коррекция нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза. Методические рекомендации (2020). Евразийская ассоциация кардиологов.

⁵ Global Recommendations for EPA and DHA Intake (2014). GOED // <https://simply4joy.ru/wp-content/uploads/2016/07/Global-Omega-3-Intake-Recommendations.pdf>

⁶ Barhum, L. (2020). The Health benefits of flaxseed oil flaxseed oil can reduce inflammation and promote heart and skin health. *VerywellHealth*. <https://www.verywellhealth.com>

Аргановое масло, как относительно новый на международном рынке вид масла, в настоящее время только подходит к пику своего изучения. Чрезвычайно высокая цена, как и очень незначительные (в мировом масштабе) объемы производства арганового масла не способствовали разработке новых видов пищевой продукции на его основе. Вместе с тем, периодически публикуемые результаты клинических исследований свидетельствуют о целесообразности расширения круга потребителей этого продукта.

Целью представленного обзора являлась систематизация научных данных о ключевых компонентах в составе масла Аргании колючей, на физиологической активности которых базируется применение арганового масла в диетическом питании при ведении комплексной терапии, с обоснованием перспективных направлений получения смесевых жировых композиций (купажей) на основе арганового масла.

В соответствии с поставленной целью, при написании обзора решались следующие задачи:

- систематизировать литературные данные о составе жирных кислот арганового масла, с целью оценки перспектив его комбинирования с другими видами пищевых растительных масел;
- проанализировать научную информацию о составе и проявляемых биохимических свойствах компонентов неомыляемой фракции арганового масла;
- обобщить опубликованные результаты доклинических и клинических исследований по оценке эффектов арганового масла в диетотерапии заболеваний;
- основываясь на систематизированных данных о химическом составе арганового масла и справочных данных по составу промышленно производимых видов пищевых растительных масел, предложить варианты купаживания арганового масла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В обзор были включены статьи без языковых ограничений. Поиск был ограничен периодом с 1998 по 2020 год; дата начала соответствует времени, когда стали появляться исследования по Аргании колючей, когда Арганский лес был объявлен биосферным заповедником ЮНЕСКО (Charrouf, 2018), что послужило отправной точкой для развития научных проектов по аргановому маслу, началом его механизированного производства и активной популяризации.

В центре внимания были статьи, опубликованные в научных журналах, прошедшие процедуру рецензирования, подтверждающую ее качество. В результате этого итеративного поиска было выделено 69 исследований.

Процедура исследования

Первичное сканирование баз данных Scopus и WoS помогло выявить при помощи ключевых слов «Аргания колючая», «аргановое масло», «состав жирных кислот», «токоферолы», «стеролы», «диетическое питание», «комбинирование масел» ряд исследований, индекс цитирования не задавался. Далее источники были ранжированы в рамках исследуемого временного промежутка. На следующем этапе нами были проанализированы пристатейные списки литературы в выделенных нами для анализа статьях с целью анализа современной интерпретации оптимального соотношения жирных кислот в рационе, в этом направлении к обзору привлекались публикации за последние 5 лет.

На следующем этапе были систематизированы научные сведения, характеризующих состав и клинические эффекты арганового масла.

Авторы проводили исследование независимо друг от друга с последующим совместным анализом. Анализ проводился вручную на основе кластеров, выделенных в рамках ключевых слов поля. Характеристики отобранных публикаций были тщательно изучены и обобщены

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности состава арганового масла

Получение смесевых растительных масел базируется, прежде всего, на знании профилей их жирных кислот, обоснованное сочетание которых дает возможность достичь желаемого соотношения кислот ω -3 и ω -6.

Как и у других видов масличного сырья, профиль жирных кислот может выступать в качестве определяющего фактора происхождения арганового масла. Отмечается, что возраст деревьев не имеет существенного влияния на жирнокислотный состав масла, но на него оказывают влияние год и место сбора семян (Aithammou, 2019), в том числе такие климатические и географические признаки произрастания Аргании колючей, как долгота и высота над уровнем моря, минимальная температура, влажность и расстояние от побережья (Taous, 2020; Elgadi, 2021). Кроме выше перечисленных факторов, на состав биологически активных компонентов арганового масла важное влияние оказывает технология получения масла, выход которого из семян при машинном отжиме составляет 41 %, при экстракционном выделении — до 56–59 % (Belcadi-Haloui, 2015).

Несмотря на большое количество проанализированных публикаций, можно выделить не так много работ, содержащих значимую информацию о составе жирных

Таблица 1

Состав жирных кислот арганового масла

Индексы жирных кислот	Содержание жирных кислот в аргановом масле, %					Нормы, %, по NM 08.5.090*
	из Марокко / литературный источник				из Алжира	
	Rueda, 2014	Belcadi-Haloui, 2015	Elgadi, 2021	Krist, 2020, с. 76	Kouidri, 2015	
14:0	0,12	0,13–0,18	—	0,1–0,2	0,15–0,20	—
15:0	—	0,05–0,06	0,05–0,06	до 0,1	—	≤ 0,2
16:0	12,70	12,68–13,40	13,83–15,85	11,8–16,5	12,28–13,84	11,5–16,0
16:1	0,08	0,01–0,12	0,09–0,12	до 0,2	0,11–0,12	—
17:0	0,02	0,09–0,12	0,01–0,09	до 0,1	—	—
18:0	5,83	5,53–6,46	5,32–6,31	3,6–8,5	4,72–5,68	4,3–7,2
18:1	45,59	44,52–46,05	44,75–48,87	22,9–50,0	45,02–50,30	43,1–49,0
18:2	34,6	32,65–34,07	29,19–35,23	30,0–37,9	28,99–36,80	29,3–36,0
18:3	0,35	0,13–0,16	0,05–0,13	0,1–0,3	0,12–0,23	≤ 0,3
20:0	0,40	0,35–0,39	0,03–0,23	до 0,4	0,27–0,39	≤ 0,5
20:1	0,17	0,29–0,35	0,04–0,24	до 0,5	0,35–0,42	≤ 0,5
20:2	—	0,09–0,14	—	—	—	—
20:3	—	0,11–0,19	—	—	—	—
22:0	0,05	0,04–0,12	—	до 0,1	—	—
22:1	—	0,03–0,06	—	—	—	—
24:0	0,07	0,03–0,07	—	—	—	—

Примечание: Прочерк в таблице обозначает отсутствие данных в источнике. Данные по марокканскому аргановому маслу адаптированы из "Characterization of fatty acid profile of argan oil and other edible vegetable oils by gas chromatography and discriminant analysis" A. Rueda et al., 2014, *Journal of Chemistry*, 2014 (6), 843908 (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/843908>); "Effects of extraction methods on chemical composition and oxidative stability of Argan oil" R. Belcadi-Haloui et al., 2015, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7 (6), 518–524; "Combination of stable isotopes and fatty acid composition for geographical origin discrimination of one argan oil vintage" S. Elgadi et al., 2021, *Foods*, 10 (6), 1274 (<https://doi.org/10.3390/foods10061274>) и "Argan oil" S. Krist, 2020, In S. Krist (Ed.), *Vegetable Fats and Oils* (p. 73–79), Springer, Cham. (https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_9). Данные по алжирскому аргановому маслу адаптированы из "The chemical composition of argan oil", M. Kouidri et al., 2015, *International journal of advanced studies in Computer Science and Engineering*, 4 (5), 24–28.

* SNIMA 08.5.090 Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA) Huiles d'argane. Specif. Norme Marocaine NM 08.5.090 Rabat. 2003. Available online: <https://www.imanor.gov.ma/Norme/nm-08-5-090>.

кислот и неомыляемых компонентов арганового масла. С учетом этих данных, учитывая рыночную стоимость и высокую вероятность фальсификации арганового масла, для него разработан нормативный документ международного уровня, определяющий критерии чистоты и качества⁷: состав и уровни содержания полиненасыщенных жирных кислот, гомологов токоферолов, стеролов, предельные значения кислотного и перекисного чисел.

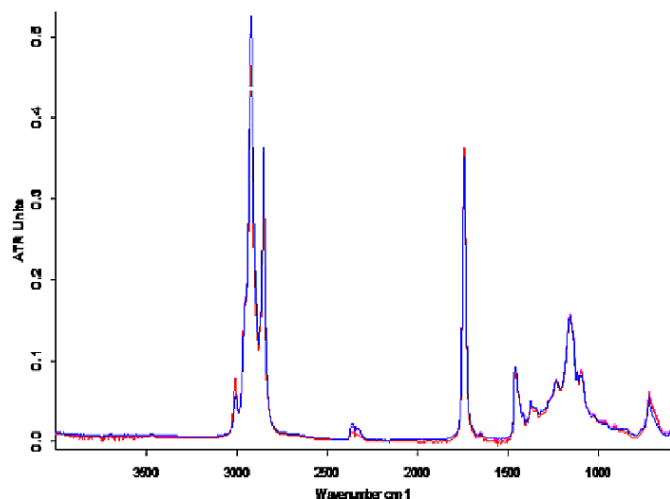
По составу жирных кислот аргановое масло сравнивается с кунжутным и высокоолеиновым подсолнечным маслами (Rueda, 2014). Преобладающими в его составе жирными кислотами являются олеиновая (см. таблицу 1) и линолевая — 30–39 % в марокканском масле (Krist, 2020) и до 36–37 % в масле алжирского происхождения (Kouidri, 2014; Kechebar, 2017). Более высокое содержание линолевой кислоты выявлено в масле семян Аргании, выросшей в прибрежных регионах Марокко (Elgadi, 2021).

Третьей по значению в составе арганового масла является пальмитиновая кислота. По этим трем жирным кислотам — пальмитиновой, олеиновой и линолевой — выявлены наиболее значительные различия между образцами арганового масла разных регионов (Miklavčič, 2020).

⁷ SNIMA 08.5.090 Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA) Huiles d'argane. Specif. Norme Marocaine NM 08.5.090 Rabat. 2003. Available online: <https://www.imanor.gov.ma/Norme/nm-08-5-090>.

Рисунок 1

ИК-Фурье-спектры арганового масла (синий), соевого масла (красный) и подсолнечного масла (розовый). Данные заимствованы из "Analysis of argan oil adulteration using infrared spectroscopy" F. Elabadi et al., *Spectroscopy Letters*, 2012, 45 (6), 458-463 (DOI:10.1080/00387010.2011.639121)



Для целей идентификации подлинности и географического происхождения арганового масла предлагается использовать пределы содержания характеристичных жирных кислот, α -линоленовой кислоты и суммарное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (Elgadi, 2021). Информацию о содержании транс-изомеров жирных кислот, варьирующем от следовых количеств (Таous, 2020) до 0,02–0,03 % – в части содержания

транс-изомеров олеиновой и линолевой, и 0,06–0,09 % – в части содержания транс-изомера линоленовой кислоты (Miklavčič, 2020), рекомендовано использовать в качестве дополнительного критерия подтверждения примеси рафинированных масел. Для подтверждения географического происхождения арганового масла используются ГЖХ, УФ- и ИК-Фурье-спектроскопия состава жирных кислот (Kharbach, 2017; Kharbach, 2019); не менее точным признаком считается соотношение изотопного состава углерода и азота (Elgadi, 2021). Несмотря на то, что, в целом, спектры ряда растительных масел линолевой группы очень близки по своим наиболее характеристичным пикам (рисунок 1), на основании обобщенных данных хроматографического, спектрального и химического анализа в качестве наиболее важных критериев идентификации способа получения масла и его географического происхождения рекомендованы диапазоны спектра, подтверждающие содержание γ - и δ -токоферолов, стигмастодиенола, стеариновой, пальмитиновой и линолевой кислот, по содержанию и соотношению которых масло арганы отличается от других масел (рисунки 2, 3). Дополнительными критериями служат определяемые химическими методами кислотное и перекисное число (Kharbach, 2021).

Разные технологические стадии получения и очистки арганового масла по своему отражаются на его составе. Получаемое после обжарки семян пищевое аргановое масло более стабильно при хранении по сравнению с маслом косметического назначения, получаемым без обжарки. Эта устойчивость к окислению коррелятивна с кунжутным маслом: отжатое из обжаренных семян

Рисунок 2

ИК-спектры арганового масла, фальсифицированного подсолнечным маслом в концентрации от 0 до 30 %. Данные заимствованы из "Analysis of argan oil adulteration using infrared spectroscopy" F. Elabadi et al., *Spectroscopy Letters*, 2012, 45 (6), 458-463 (DOI: 10.1080/00387010.2011.639121)

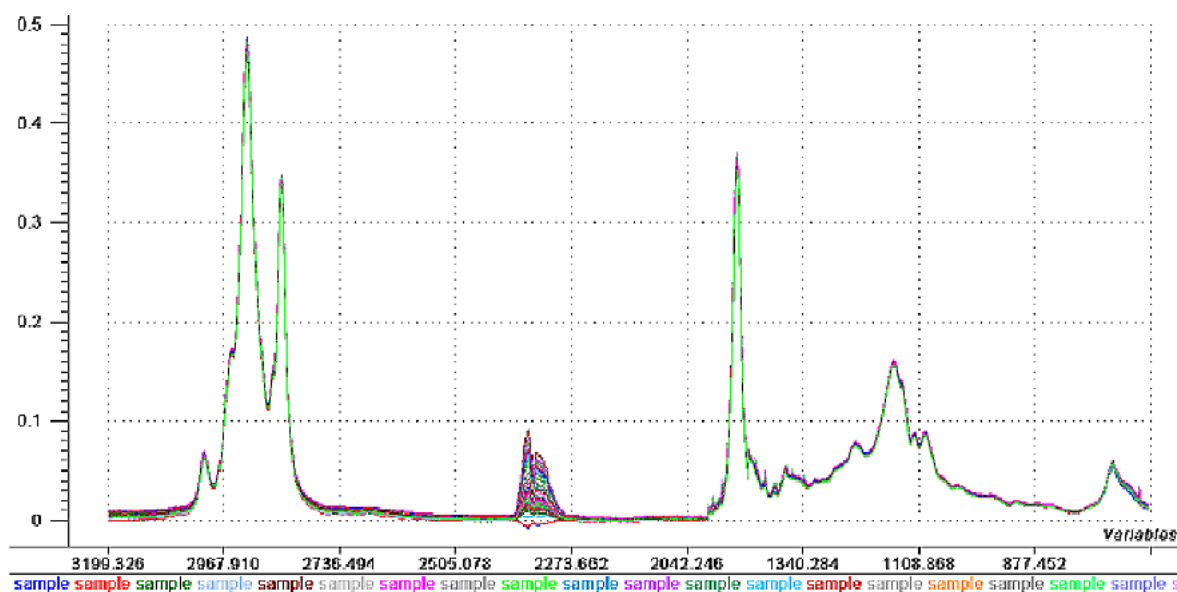
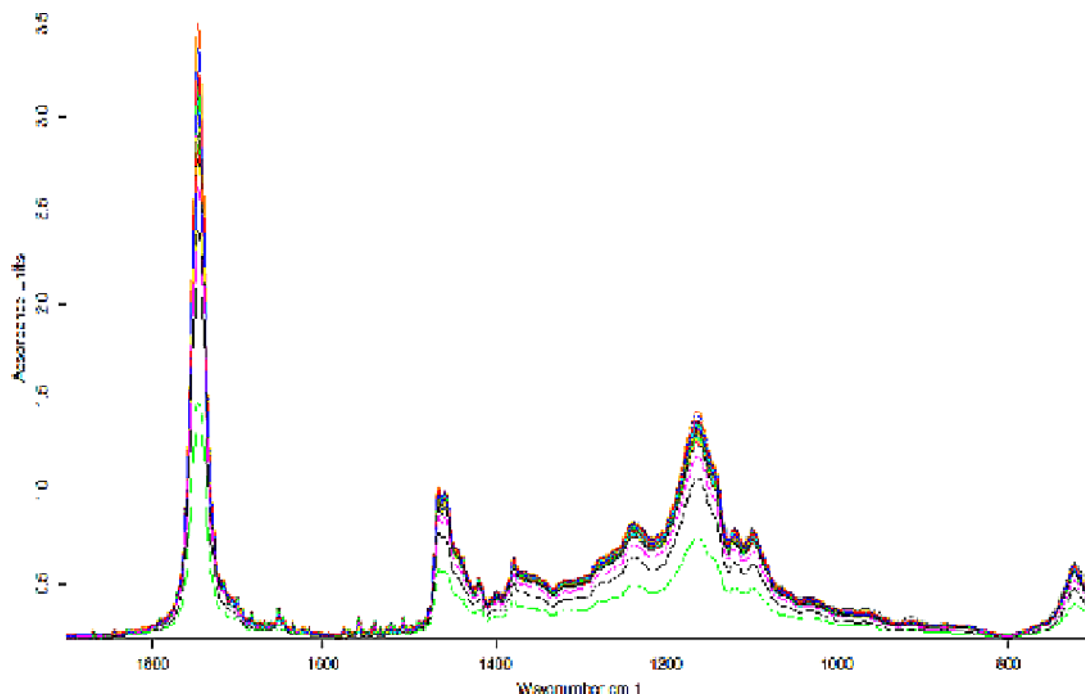


Рисунок 3

ИК-спектры арганового масла, фальсифицированного соевым маслом в концентрации от 0 до 30 %. Данные заимствованы из "Analysis of argan oil adulteration using infrared spectroscopy" F. Elabadi et al., Spectroscopy Letters, 2012, 45 (6), 458-463 (DOI:10.1080/0387010.2011.639121)



кунжутное масло также более устойчиво к окислению, что объясняют увеличением концентрации лигнанов в масле после обжарки (Hassanein, 2010). В случае с маслом арганы повышение стойкости также связывают с отмечаемым после обжарки семян повышением количества суммы фенольных веществ (Charrouf, 2018). Установлено, что обжарка ядра не вызывает изменений в составе жирных кислот (Belcadi-Haloui, 2018a), но вызывает потери токоферолов, более значительные при повышении температуры и увеличении продолжительности обжарки (Belcadi-Haloui, 2015). Обжарка влияет и на уровни содержания фенольных веществ и фосфолипидов, обуславливая образование компонентов, определяющих характерные аромат, вкус (Charrouf, 2018) и цвет пищевого арганового масла, связываемый с увеличением содержания фосфолипидов и образованием меланоидинов (Belcadi-Haloui, 2015).

Фильтрация, как способ очистки масла, сопровождается ощутимым снижением содержания фосфолипидов, практически не отражаясь на составе и содержании неомыляемых компонентов. Однако нефiltroванное аргановое масло более устойчиво к окислению по сравнению с фильтрованным (Kartah, 2015). Нерафинированное экстракционное масло характеризуется более высоким содержанием фосфолипидов и неомыляемых компонентов по сравнению с продуктом, полученным прессованием (Belcadi-Haloui, 2015), что является общей закономерностью для сырых экстракционных растительных масел.

Неомыляемая фракция арганового масла включает токоферолы, тритерпеновые спирты, стеролы и ксантофиллы.

Профиль жирных кислот арганового масла находится в определенной корреляции с токоферолами (Aithammou, 2019). В составе токоферолов арганового масла преобладают гомологи с наиболее выраженной антиоксидантной активностью (таблица 2), что обеспечивает повышенную устойчивость этого масла к окислению по сравнению с другими маслами, например, такими, как рапсовое и подсолнечное (Belcadi-Haloui, 2018b) и объясняет возможность обжарки семян при традиционном способе получения масла пищевого назначения.

При суммарном содержании токоферолов в аргановом масле до 107 мг/100 г (Aithammou, 2019), 81–92 % от этой суммы приходится на долю γ -токоферола (64–81 мг/100 г), известного своей ролью в профилактике окислительного стресса и сердечно-сосудистых заболеваний (El Monfalouti, 2010), и 6–13 % (или, соответственно, 5–11 мг/100 г) — на долю δ -токоферола (Dhifi, 2018; Kouidri, 2015). Наличие β -токоферола анализ арганового масла, как правило, не показывает.

Масло арганы обладает повышенным содержанием и других природных антиоксидантов — стеролов, на соотношение и антиоксидантную стабильность которых оказывает влияние способ получения масла

Таблица 2

Состав неомыляемой фракции арганового масла

Наименование компонента	Содержание компонента в аргановом масле				
	из Марокко / литературный источник				из Алжира
	Khallouki, 2003	Dhifi, 2018	Hilali, 2020	Kharbach, 2021	Koudri, 2015
Токоферолы, мг/100 г:					
– сумма, в т.ч.	60,1–66,2	60–90	59,7–77,5	79,8–90,9	65,7–74,9
α-токоферол	3,4–4,8	2,4–6,5*	–	3,4–5,3	4,1–9,6
β-токоферол	–	0,1–0,3*	–	0,2–0,4	–
γ-токоферол	44,4–50,8	81–92*	–	65,1–76,0	55,6–69,0
δ-токоферол	10,7–13,2	6,2–12,8*	–	9,8–11,2	0,6–1,9
Стеролы, мг/100 г:					
– сумма, в т.ч.	262–380	≤ 220	154	209,3–219,1	–
– шоттенол	99–160	44–49*	47,7*	47,9–49,3*	–
– спинастерол	130–174	34–44*	36,2*	42,2–44,3*	–
Δ7-авенастерол	–	4–7*	6,9	5,8–7,0*	–
– кампестерол	–	–	≤ 0,4*	0,3–0,4*	–
– β-ситостерол	–	–	≤ 0,2*	–	–
– стигмастидиол	8–16	–	–	5,4–5,9*	–

Примечания. Прочерк в таблице обозначает отсутствие данных в источнике. *Значения приведены в % от суммы. Данные по марокканскому маслу адаптированы из "Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects" F. Khallouki et al., 2003, *European Journal of Cancer Prevention*, 12 (1), 67–75 (DOI:10.1097/01.ccej.0000051106.40692.d3); "Argan oil: extraction, categories, chemical composition and health benefits" W. Dhifi et al., 2018. In H. K. Dieu Nauven (Ed.) *Seed oil: production, uses and benefits* (pp. 175–188). Nova Science Publishers, Inc.; "Valorization of argan oil: all you need to know about argan oil from Morocco" M. Hilali et al., 2020, *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11 (4), 6754–6762 (<https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3612>) и "New insights into the argan oil categories characterization: Chemical descriptors, FTIR fingerprints, and chemometric approaches" M. Kharbach et al., 2021, *Talanta*, 225, 122073 (<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.122073>). Данные по алжирскому маслу адаптированы из "The chemical composition of argan oil", M. Koudri et al., 2015, *International journal of advanced studies in Computer Science and Engineering*, 4 (5), 24–28.

(Kechabar, 2017; Guillaume, 2019; Hilali, 2020). Суммарное содержание стеролов в масле арганы варьирует в пределах от 200 до 416 мг/100 г (Charrouf, 2018; Kharbach, 2021), из 6 идентифицированных в их составе преобладают редко встречающиеся в составе масел Δ7-стеролы шоттенол и спинастерол (см. таблицу 2). Оригинальный профиль стеролов – преобладание шоттенола и спинастерола, при нехарактерно низком для большинства растительных масел содержании кампестерола и β-ситостерола, – предложено использовать для подтверждения подлинности арганового масла (Hilali, 2020), фальсифицируемого преимущественно подсолнечным маслом⁸.

Кроме специфичного состава стеролов, еще одной особенностью масла арганы является наличие фенольных соединений, достаточно редко встречающихся

в составе растительных масел – преимущественно в маслах из косточек. Методом хромато-масс-спектропии в составе образцов пищевого и косметического масла арганы однозначно подтверждено наличие нескольких соединений фенольной природы: ванилиновой, сиригеновой и феруловой кислоты (блокирует синтез тирозиназы, благодаря чему обеспечивает косметической продукции противопигментное действие; более 300 мг/100г), производных гидроксипиридина (мембранопротекторы широкого спектра биологического действия), резорцина (сокращает ультрафиолет-индуцированную пигментацию), тирозола, 4-гидроксibenзилового и ванильного спирта, катехола, эпикатехина и катехина (El Abbassi, 2014). Суммарное содержание фенольных компонентов, по разным оценкам, составляет от 3,2–3,7 мг/кг (Khallouki, 2003) до 5–10 мг/кг (El Abbassi, 2014). Предполагается, что именно ими обусловлены специфичный горьковато-фруктовый привкус арганового масла (Kechabar, 2017) и его повышенная стойкость к окислению (Gharby, 2014; Leiva, 2016).

⁸ Argan Oil Market, Forecast, Trend, Analysis & Competition Tracking – Global Market Insights 2021 to 2031. Mar. 2021 (170 p.) // <https://www.factmr.com/report/86/argan-oil-market>.

Есть информация, что аргановое масло содержит и другие антиоксиданты — такие, как сквален — порядка 300 мг/100 г (Khallouki, 2003), коэнзим Q10 — от 1 до 3 мг/100 г и мелатонин — до 6 нг/100 г (Venegas, 2011). Наряду со всем выше сказанным, для арганового масла характерно достаточно низкое содержание каротиноидов и хлорофиллов, причем аргановое масло из Алжира еще менее богато хлорофиллами, чем марокканское (Kechabar, 2017).

Клиническая эффективность арганового масла

Как и многие другие виды масел с высоким содержанием ПНЖК и природных антиоксидантов, при регулярном включении в рацион аргановое масло проявляет желчегонное, кардио-, гепато- и химиопротекторное действие, смягчая негативные биохимические изменения и гистопатологические повреждения почек, печени и головного мозга (Bakour, 2018; Lall, 2019; Orabi, 2020). Предполагается, что эти эффекты более выражены, чем у других видов масел, благодаря высокому содержанию в аргановом масле γ -токоферола и наличию сквалена (El Monfalouti, 2010). Вероятно, эти же компоненты отвечают за компенсацию негативных изменений, связанных с этанольным стрессом и синдромом отмены (El Mostafi, 2020b), а также нейродегенерацией мозга, чем обуславливают нейропротекторные эффекты арганового масла не только для смягчения стресса, улучшения памяти и обучаемости, но и в отношении значительно более серьезных когнитивных нарушений и нервно-психических расстройств, таких как зависимость, депрессии, тревожность и эпилепсия (Bousalham, 2015; El Mostafi, 2020a). В связи с отмеченными диетотерапевтическими эффектами важное значение уделяется возможности использования арганового масла в диетотерапии зависимостей, связанных с потреблением алкоголя и наркотиков (Wiss, 2019; El Mostafi, 2020a).

Наиболее ранними клинически подтвержденными диетотерапевтическими эффектами арганового масла являются его кардиопротекторные и противодиабетические свойства (El Monfalouti, 2010). Включение арганового масла в диетотерапию представляет собой магрибскую версию средиземноморской диеты, однако механизмы действия, посредством которых аргановое масло оказывает липидомодулирующее и антиатерогенное действие, до конца еще не изучены. Тем не менее, значительное улучшение липидного профиля плазмы у пациентов, которые в процессе терапии употребляли аргановое масло, — более высокие концентрации витамина Е в плазме, более низкий уровень триглицеридов, более низкий уровень общего холестерина и холестерина ЛПНП, улучшенный профиль антиоксидантов в плазме и клетках по сравнению с контролем — являются без-

условным свидетельством снижения восприимчивости липидов крови к окислению (Sour, 2012). Отмечено также, что аргановое масло ингибирует агрегацию тромбоцитов, не вызывая ни изменения уровня тромбоцитов, ни повышения адгезии тромбоцитов и свертываемости крови (El Monfalouti, 2010).

Включение арганового масла в диетическое питание считается целесообразным как при лечении любых форм нарушений нормального метаболизма, связанных с ожирением, диабетом либо вызванных хроническим воспалением, старением или окислительным стрессом, так и при борьбе с их последствиями. Так, диетотерапевтическая эффективность потребления арганового масла, путем включения в ежедневный рацион пациентов 30 мл арганового масла на фоне общей лекарственной терапии, подтверждена даже при лечении остеоартрита. Через 2 месяца диетотерапии у пациентов, регулярно потреблявших аргановое масло, отмечено более качественное функциональное восстановление суставов и более существенное улучшение всех клинических параметров по сравнению с контрольной группой пациентов (Essouiri, 2017).

Почти всеми исследованиями зафиксированные диетотерапевтические эффекты объясняются действием неомыляемых компонентов арганового масла.

Основные стеролы арганового масла — шоттенол и спинастерол — в клинических условиях проявили способность модулировать экспрессию нескольких ведущих генов рецепторов печени (El Kharrassi, 2014), вследствие чего эти стеролы рассматривают как новые агонисты LXR, способные играть гепатопротекторную роль за счет ремодуляции метаболизма холестерина (Haralampiev, 2017). Стеролы указываются и в качестве одного из основных компонентов, обеспечивающих репаративную ценность арганового масла (Gharby, 2014).

Показано, что компоненты неомыляемой фракции арганового масла проявляют не только качественное восстановление морфологически измененных тканей, но и хорошую антипролиферативную активность в отношении раковых клеток (Lall, 2019). В частности, полифенольные и стероловые компоненты арганового масла показали дозо-зависимый антипролиферативный эффект в терапии злокачественных опухолей, существенно снижая скорость образования новых клеток (El Monfalouti, 2010).

Наиболее сильными антиоксидантами в составе арганового масла считаются витамин Е, ванилиновая, феруловая и сириговая кислоты (Bakour, 2018). Вместе с тем, несмотря на относительно невысокое содержание полифенольных соединений в составе арганового масла, в клинических условиях установлено, что в ус-

ловиях окислительного стресса они проявляют более высокую антиоксидантную активность в клетках, чем токоферолы (Khallouki, 2003). Суммарное же проявление физиологического действия антиоксидантов арганового масла при окислительном стрессе заключается в том, что они предотвращают или задерживают появление активных форм кислорода после перекисного окисления липидов, наблюдаемого в плазме крови (El Monfalouti, 2010).

Фенольные компоненты арганового масла участвуют в предотвращении образования липопротеинов низкой плотности и окисления в изолированной плазме крови человека, способствуя усилению обратного транспорта холестерина за счет увеличения текучести липидного бислоя липопротеинов высокой плотности, чем принято объяснять антиатерогенный потенциал арганового масла (Berrougui, 2006). Антиатерогенные эффекты арганового масла связывают и с внутриклеточным накоплением сквалена, в конечном итоге запускающим X-рецепторы печени (El Monfalouti, 2010). Однако наряду со всем выше сказанным, при лабораторном моделировании процесса переваривания установлено, что лишь незначительная доля полифенолов арганового масла является биодоступной для всасывания клетками кишечника (Rueda, 2017), поэтому реальные физиологические эффекты этой группы компонентов масла нуждаются в более глубоких исследованиях.

Таким образом, накопленные данные по диетотерапевтической эффективности арганового масла подтверждают перспективность и целесообразность разработки на его основе новых жировых продуктов, более сбалансированных по составу, хотя, безусловно, для купажированных продуктов также может потребоваться клиническое подтверждение их биологической эффективности.

Проработанность вопроса использования арганового масла в современном питании. Комбинирование масел как возможность расширения аудитории потребителей арганового масла

Несмотря на подтвержденную эффективность арганового масла в диетотерапии целого ряда заболеваний, по данным на 2021 год соотношение масла, реализуемого в качестве пищевого и косметического, составляет примерно 20 % : 80 %⁹. Такое смещение спроса объясняется, прежде всего, чрезвычайно высокой стоимостью пище-

вого арганового масла и невозможностью его потребления в качестве продукта ежедневного рациона для преобладающего числа потребителей.

Поскольку комбинирование пищевых растительных масел остаётся наиболее доступным и простым способом получения новых жировых продуктов с улучшенным липидным и витаминным профилем (Григорьева, 2020), для арганового масла получение подобных смесей с другими маслами является, пожалуй, единственной возможностью расширения аудитории потенциальных потребителей.

Пищевое аргановое масло имеет приятный запах, сопоставимый с запахом орехового масла, со слабо выраженными травянистыми нотами. Поэтому с позиций дегустационной сочетаемости не существует препятствий для введения арганового масла в состав какой-либо рецептурной композиции. Богатый состав неомыляемых компонентов позволяет считать целесообразным комбинирование арганового масла с другими видами растительных масел для получения новых, более доступных, продуктов с повышенной пищевой ценностью. Более того, в клинических исследованиях показана более высокая диетотерапевтическая эффективность масла арганы при внесении в его состав ликопина томатного масла (Aidoud, 2016) и эфирного масла гвоздики (Bakour, 2018), что позволяет предположить возможность проявления подобных усиленных физиологических эффектов и при других сочетаниях растительных масел — источников антиоксидантов липидной природы. Тем не менее, ранее идеи направленного смешивания арганового масла с другими видами пищевых растительных масел учеными не предлагались.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Богатый биохимический состав арганового масла подтверждает перспективность разработки на его основе пищевых смесей растительных масел с целью получения новых функциональных продуктов, более сбалансированных по составу жирных кислот и вместе с тем, — более доступных для массового потребления.

Поскольку преобладающей ПНЖК арганового масла является линолевая кислота, его смешивание с целью получения двухкомпонентного продукта с растительными маслами групп 3, 5–7 (классификация по ГОСТ 30623-2018¹⁰) практически не имеет смысла. Для обеспечения рационального состава жирных кислот при

⁹ *Argan Oil Market, Forecast, Trend, Analysis & Competition Tracking — Global Market Insights 2021 to 2031.* (2021). <https://www.factmr.com/report/86/argan-oil-market>

¹⁰ ГОСТ 30623-2018. Масла растительные и продукты со смешанным составом жировой фазы. Метод обнаружения фальсификации.

купажировании продукт должен обогащаться кислотами семейства ω -3, то есть α -линоленовой кислотой.

Таким образом, идея купажирования приобретает смысл в двух случаях:

Во-первых, при смешивании масла арганы с растительными маслами 8-й группы — льняным, рыжиковым или горчичным, отличающимися значимым содержанием α -линоленовой кислоты. Поскольку эти масла обладают очень специфичным запахом и вкусом, их доля в составе смеси не может превышать 1/3. Такая композиция может быть дополнена пищевыми эфирными маслами, содержащими эффективные антиоксиданты;

Во-вторых, при получении трехкомпонентных смесевых растительных масел, одним из которых будет то же льняное либо рыжиковое масло, а третий компонент будет содержать в своем составе каротиноиды и/или иные не входящие в состав масла арганы в значимом количестве биологически активные компоненты.

Для целей подтверждения подлинности купажированных масел на основе масла арганы предполагается использовать известные методы количественного анализа наиболее значимых компонентов, определяющих физиологически функциональные свойства нового продукта — хроматографический анализ жирных кислот и токоферолов, ИК-спектроскопию состава стеролов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Е. Ю. Егорова: задумала и разработала анализ, разработала методологию и ее анализ, предоставила данные или инструменты анализа, провела анализ, написала статью

Э. Аюб: задумал и разработал анализ, разработал метод и его анализ, предоставил данные или инструменты анализа, провел анализ, написал статью

ЛИТЕРАТУРА

- Григорьева, В. Н., Гапонова, Л. В., Полежаева, Т. А., & Матвеева, Г. А. (2020). Специализированные смеси масел для лечения и профилактики заболеваний нарушения липидного обмена. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 22–33. <https://doi.org/10.36107/spfr.2020.240>
- Паршакова, Л. П., Попель, С. С., Кропотова, Ж. С., & Пыргарь, Е. П. (2017). Технология производства растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом. *Пищевая промышленность*, (5), 25–27.
- Сметнева, Н. С., Погожева, А. В., Васильев, Ю. Л., Дыдыкин, С. С., Дыдыкина, И. С., & Коваленко, А. А. (2020). Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Вопросы питания*, 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Тохириён, Б., & Позняковский, В. М. (2017). Разработка состава и технологии получения комбинированного растительного масла для здорового питания. *Индустрия питания*, (4), 32–37.
- Ших, Е. В., Махова, А. А., Погожева, А. В., & Елизарова, Е. В. (2020). Значение орехов в профилактике различных заболеваний. *Вопросы питания*, 89(3), 14–21. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10025>
- Abdel-Razek, A. G., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H., & Hassanien, M. M. M. (2011). Blending of virgin olive oil with less stable edible oils to strengthen their antioxidative potencies. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 312–318.
- Ahmadi, S., Mani-Varnosfaderani, A., & Habibi, B. (2019). Characterization of binary edible oil blends using color histograms and pattern recognition techniques. *Analytical and Bioanalytical Chemistry Research*, 6(1), 111–124. <https://doi.org/10.22036/abcr.2018.128220.1204>
- Aidoud, A., Elahcene, O., Ammouche, A., & Rodriguez, A. B. (2016). Hepatoprotective effect of olive and argan oils supplemented with tomato lycopene in Wistar rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(4), 347–351. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.347.351>
- Aithammou, R., Harrouni, C., Aboudlou, L., Hallouti, A., Mlouk, M., Elsbahani, A., & Daoud, S. (2019). Effect of clones, year of harvest and geographical origin of fruits on quality and chemical composition of argan oil. *Food Chemistry*, 297, 124749. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.024>
- Bakour, M., Soulo, N., Hammas, N., El Fatemi, H., Aboulghazi, A., Taroq, A., Abdellaoui, A., Al-Waili, N., & Lyoussi, B. (2018). The antioxidant content and protective effect of argan oil and syzygium aromaticum essential oil in hydrogen peroxide-induced biochemical and histological changes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 610. <https://doi.org/10.3390/ijms19020610>
- Balić, A., Vlašić, D., Žužul, K., Marinović, B., & Bukvić Mokos, Z. (2020). Omega-3 versus omega-6 polyunsaturated fatty acids in the prevention and treatment of inflammatory skin diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 741. <https://doi.org/10.3390/ijms21030741>
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., El-Alem, Y., & Hatimi, A. (2018a). Effects of roasting temperature and time on the chemical composition of argan oil. *International Journal of Food Science*, (4), 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/7683041>
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., & Hatimi, A. (2015). Effects of extraction methods on chemical composition and oxidative

- stability of Argan oil. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(6), 518–524.
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., & Hatimi, A. (2018b). Comparative study of argan and other edible oils stability under accelerated oxidation. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(24), 1–7. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i24/127763>
- Berrougui, H., Cloutier, M., Isabelle, M., & Khalil, A. (2006). Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from THP-1 macrophages. *Atherosclerosis*, 184(2), 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2005.05.018>
- Bousalham, R., Rhazali, L. J., Harmouch, A., Lotfi, H., Benazouz, B., El Hessni, A., Ouichou, A., Akhouayri, O., & Mesfioui, A. (2015). Does argan oil supplementation affect metabolic parameters and behavior in Wistar rats? *Food and Nutrition Sciences*, 6, 816–824. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.69085>
- Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2018). The argan oil project: going from utopia to reality in 20 years. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 25(2), D209. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018006>
- Dhifi, W., da Graça Costa Miguel, M., & Mnif, W. (2018). Argan oil: extraction, categories, chemical composition and health benefits. In H. K. Dieu Nauven (Ed.) *Seed oil: production, uses and benefits* (pp. 175–188). Nova Science Publishers, Inc.
- El Abbassi, A., Khalid, N., Zbakh, H., & Ahmad, A. (2014). Physicochemical characteristics, nutritional properties, and health benefits of argan oil: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(11), 1401–1414. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.638424>
- Elabadi, F., Devos, O., & Oussama, A. (2012). Analysis of argan oil adulteration using infrared spectroscopy. *Spectroscopy Letters*, 45(6), 458–463. <https://doi.org/10.1080/00387010.2011.639121>
- Elgadi, S., Ouhammou, A., Taous, F., Zine, H., Papazoglou, E. G., Elghali, T., Amenouz, N., El Allali, H., Aitlhaj, A., & El Antari, A. (2021). Combination of stable isotopes and fatty acid composition for geographical origin discrimination of one argan oil vintage. *Foods*, 10(6), 1274. <https://doi.org/10.3390/foods10061274>
- El Kharrassi, Y., Samadi, M., Lopez, T., Nury, T., El Kebba, R., Andreoletti, P., El Hajj, H.I., Vamecq, J., Moustaid, K., Latruffe, N., El Kebba, M'H.S., Masson, D., Lizard, G., Nasser, B., & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Biological activities of scotlenol and spinasterol, two natural phytosterols present in argan oil and in cactus pear seed oil, on murine microglial BV2 cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 446(3), 798–804. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.02.074>
- El Monfalouti, H., Guillaume, D., Denhez, C., & Charrouf, Z. (2010). Therapeutic potential of argan oil: a review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 62, 1669–1675. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2010.01190.x> ISSN 0022-3573
- El Mostafi, H., Bahbiti, Y., Elhessni, A., Bousalham, R., Doumar, H., Ouichou, A., Benmhammed, H., Touil, T., & Mesfioui, A. (2020a). Neuroprotective potential of argan oil in neuropsychiatric disorders in rats: A review. *Journal of Functional Foods*, 75, 104233. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104233>
- El Mostafi, H., Elhessni, A., Touil, T., Ouichou, A., Laaziz, A., Doumar, H., & Mesfioui, A. (2020b). Argan oil supplementation attenuates voluntary ethanol consumption and withdrawal syndrome promoted by adolescent intermittent ethanol in rat. *Alcohol*, 87, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.alcohol.2020.04.007>
- Essouiri, J., Harzy, T., Benaicha, N., Errasfa, M., & Abourazak, F. E. (2017). Effectiveness of argan oil consumption on knee osteoarthritis symptoms: a randomized controlled clinical trial. *Current Rheumatology Reviews*, 13(3), 1–6. <https://doi.org/10.2174/1573397113666170710123031>
- Gharby, S., Harhar, H., Kartah, B., Guillaume, D., Chafchaoui-Moussaoui, I., Bouzoubaa, Z., & Charrouf, Z. (2014). Oxidative stability of cosmetic argan oil: a one-year study. *Journal of Cosmetic Science*, 65(2), 81–87.
- Gómez-Candela, C., Bermejo López, L. M., & Loria Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutricion Hospitalaria*, 26(2), 323–329. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.5117>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Guillaume, D., Pioch, D., & Charrouf, Z. (2019). Argan [*Argania spinosa* (L.) Skeels] oil. In M. F. Ramadan (Ed.), *Fruit oils: chemistry and functionality* (pp. 317–352). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_16
- Gulla, S., Waghray, K., & Reddy, U. (2010). Blending of oils-does it improve the quality and storage stability, an experimental approach on soyabean and palmolein based blends. *American Journal of Food Technology*, 5(3), 182–194. <https://doi.org/10.3923/ajft.2010.182.194>
- Haralampiev, I., Scheidt, H. A., Huster, D., & Müller, P. (2017). The potential of α -spinasterol to mimic the membrane properties of natural cholesterol. *Molecules*, 22(8), 1390. <https://doi.org/10.3390/molecules22081390>
- Hassanein, M. M. M. (2010). Blending of roasted and unroasted sesame seeds oils with sunflower and olive oils for improving their antioxidation potency. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 1(8), 445–456.
- Hassanien, M. M. M., & Abdel-Razek, A. G. (2012). Improving the stability of edible oils by blending with roasted sesame seed oil as a source of natural antioxidants. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(8), 4074–4083.
- Hilali, M., El Monfalouti, H., & Kartah, B. E. (2020). Valorization of argan oil: all you need to know about argan oil from Morocco. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), 6754–6762. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3612>
- Hooper, L., Al-Khudairy, L., Abdelhamid, A. S., Rees, K., Brainard, J. S., Brown, T. J., Ajabnoor, S. M., O'Brien, A. T., Winstanley, L. E., Donaldson, D. H., Song F., & Deane, K. H. O.

- (2018). Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD011094. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011094.pub4>
- Kartah, B. E., El Monfalouti, H., Harhar, H., Gharby, S., Charrouf, Z., & Matthaus, B. (2015). Effect of filtration on virgin argan oil: quality and stability. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(10), 2871–2877.
- Kechebar, M. S. A., Karoune, S., Belhamra, M., & Rahmoune, C. (2013). Characterization of the argan tree of southwestern Algeria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(6), 117–126.
- Kechebar, M. S. A., Karoune, S., Falleh, H., Belhamra, M., Rahmoune, C., & Ksouri, R. (2017). Characterization of Algerian argan oil (Tindouf region) and study of its antioxidant and antimicrobial activities in comparison with a Moroccan oil. *Nutrition & Santé*, 6(2), 82–95. <https://doi.org/10.30952/ns.6.2.5>
- Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T., Charrouf, Z., Spiegelhalter, B., Bartsch, H., & Owen, R. W. (2003). Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *European Journal of Cancer Prevention*, 12(1), 67–75. <https://doi.org/10.1097/01.cej.0000051106.40692.d3>
- Kharbach, M., Kamal, R., Bousrabat, M., Alaoui Mansouri, M., Barra, I., Alaoui, K., Cherrah, Y., Vander Heyden, Y., & Bouklouze, A. (2017). Characterization and classification of PGI Moroccan Argan oils based on their FTIR fingerprints and chemical composition. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 162, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2017.02.003>
- Kharbach, M., Kamal, R., Marmouzi, I., Barra, I., Cherrah, Y., Alaoui, K., Vander Heyden, Y., & Bouklouze, A. (2019). Fatty-acid profiling vs UV-visible fingerprints for geographical classification of Moroccan argan oils. *Food Control*, 95, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.046>
- Kharbach, M., Yu, H., Kamal, R., Barra, I., Marmouzi, I., Cherrah, Y., Alaoui, K., Bouklouze, A., & Vander Heyden, Y. (2021). New insights into the argan oil categories characterization: Chemical descriptors, FTIR fingerprints, and chemometric approaches. *Talanta*, 225, 122073. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.122073>
- Koudiri, M., Saadi, A. K. & Noui, A. (2014). Physicochemical study and composition of *Argania spinosa* oil from two regions of Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*, 50(2), 346–348. <https://doi.org/10.1007/s10600-014-0949-1>
- Koudiri, M., Saadi, A. K., Noui, A., & Medjahed, F. (2015). The chemical composition of argan oil. *International journal of advanced studies in Computer Science and Engineering*, 4(5), 24–28.
- Krist, S. (2020). Argan oil. In S. Krist (Ed.), *Vegetable Fats and Oils* (p. 73–79), Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_9
- Lall, N., De Canha, M. N., Szuman, K., Charrouf, Z., Davids, L. M., & Rademan, S. (2019). The anti-proliferative and anti-bacterial activity of argan oil and crude saponin extract from *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Pharmacognosy Journal*, 11(1), 26–31. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.1.5>
- Leiva, G. E., Šegatin, N., Mazzobre, M. F., Abramovic, H., Abram, V., Vidrih, R., Buera, M. P., & Poklar Ulrih, N. (2016). Multi-analytical approach to oxidative stability of unrefined Argan, Chia, Rosa Mosqueta and Olive oils. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(1), 450. doi:10.4172/2155-9600.1000450
- Li, Y., Ma, W.-J., Qi, B.-K., Rokayya, S., Li, D., Wang, J., Feng, H.-X., Sui, X.-N., & Jiang, L.-Z. (2014). Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and radical scavenging activity. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(6), 2583–2589. <http://dx.doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.6.2583>
- Majourhat, K., Jabbar, Y., Araneda, L., Zeinalabedini, M., Hafidi, A., & Martínez-Gómez, P. (2007). Karyotype characterization of *Argania spinosa* (L.) Skeel (Sapotaceae). *South African Journal of Botany*, 73(4), 661–663. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.06.007>
- Marmesat Rodas, S., Morales Barroso, A., Velasco, J., & Dobarganes, M. C. (2012). Influence of fatty acid composition on chemical changes in blends of sunflower oils during thermoxidation and frying. *Food Chemistry*, 135(4), 2333–2339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.128>
- Miklavčič, M. B., Taous, F., Valenčič, V., Elghali, T., Podgornik, M., Strojnik, L., & Ogrinc, N. (2020). Fatty acid composition of cosmetic argan oil: provenience and authenticity criteria. *Molecules*, 25(18), 4080. <https://doi.org/10.3390/molecules25184080>
- Momchilova, S. M., Taneva, S. P., Dimitrova, R. D., Totseva, I. R., & Antonova, D. V. (2016). Evaluation of authenticity and quality of argan oils sold on the Bulgarian Market. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 93, 95–103.
- Mounir, F., Jourrane, M., & Sabir, M. (2015). Analyse basée télédétection pour la révision de la carte de répartition des peuplements a arganeraie et comparaison diachronique de sa dynamique spatiotemporelle. In: Actes du 3e congrès International de l'Arganier, Agadir 17–19 décembre 2015 (p. 36–38).
- Nosenko, T., Shemanskaya, E., Bakhmach, V., Sidorenko, T., Demydova, A., Berezka, T., Arutyunyan, T., & Matukhov, D. (2017). New vegetable oil blends to ensure high biological value and oxidative stability. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/6(89), 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111451>
- Orabi, S. H., Allam, T. S., Shawky, S. M., El-aziz Tahoun, E. A., Khalifa, H. K., Almeer, R., Abdel-Daim, M. M., El-Borai, N. B., & Mousa, A. A. (2020). The antioxidant, anti-apoptotic, and proliferative potency of argan oil against betamethasone-induced oxidative renal damage in rats. *Biology*, 9(352), 352. <https://doi.org/10.3390/biology9110352>
- Ourrach, I., Rada, M., Perez-Camino, M. C., Benaissa, M., & Guinda, A. (2012). Detection of argan oil adulterated with vegetable oils: new markers. *Grasas y Aceites*, 63(4), 355–364. <https://doi.org/10.3989/gya.047212>
- Patel, K. P., Patel, S., Dash, D. K., Balaraman, R., & Maheshwari, R. A. (2021). A review on flax seed: A legume for longevity. *Journal*

- of *Pharmaceutical Research International*, 33(39A), 107–122. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i39A32148>
- Roumane, A. (2017). Cooperatives and the economic value of biodiversity: The case of the argan oil sector in Morocco. *RECMA*, 346(4), 59–72. <https://doi.org/10.7202/1041722ar>
- Rueda, A., Cantarero, S., Seiquer, I., Cabrera-Vique, C., & Olalla, M. (2017). Bioaccessibility of individual phenolic compounds in extra virgin argan oil after simulated gastrointestinal process. *LWT – Food Science and Technology*, 75(3), 466–472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.028>
- Rueda, A., Seiquer, I., Olalla, M., Giménez, R., Lara, L., & Cabrera-Vique, C. (2014). Characterization of fatty acid profile of argan oil and other edible vegetable oils by gas chromatography and discriminant analysis. *Journal of Chemistry*, 2014(6), 843908. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/843908>
- Simakova, I., Volf, E., Strizhevskaya, V., Popova, O., Kozyreva, V., & Karagulova, E. (2019). Blends of unrefined vegetable oils for functional nutrition. *Agronomy Research*, 17(4), 1761–1768. <https://doi.org/10.15159/AR.19.154>
- Simopoulos, A. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233(6), 674–688. <https://doi.org/10.3181/0711-MR-311>
- Sour, S., Belarbi, M., Khaldi, D., Benmansour, N., Sari, N., Nani, A., Chemat, F., & Visioli, F. (2012). Argan oil improves surrogate markers of CVD in humans. *British Journal of Nutrition*, 107(12), 1800–1805. <https://doi.org/10.1017/S0007114511004958>
- Taous, F., Amenouz, N., Marah, H., Maia, R., Maguas, C., Bahmad, L., & Kelly, S. (2020). Stable isotope ratio analysis as a new tool to trace the geographical origin of Argan oils in Morocco. *Forensic Chemistry*, 17, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2019.100198>
- Torri, L., Bondioli, P., Folegatti, L., Rovellini, P., Piochi, M., & Morini, G. (2019). Development of Perilla seed oil and extra virgin olive oil blends for nutritional, oxidative stability and consumer acceptance improvements. *Food Chemistry*, 286, 584–591. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.063>
- Venegas, C., Cabrera-Vique, C., Garcia-Corzo, L., Escames, G., Acuña-Castroviejo, D., & López, L. C. (2011). Determination of coenzyme Q10, coenzyme Q9, and melatonin contents in virgin argan oils: Comparison with other edible vegetable oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(22), 12102–12108. doi: 10.1021/jf203428t
- Voskanyan, O. S., Klokonos, M. V., Nikitin, I. A., Guseva, D. A., Nikitina, M. A., & Zavalishin, I. V. (2019). Modeling of the vegetable oil blends composition. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(8), 142–147.
- Wiss, D. A. (2019). The role of nutrition in addiction recovery: what we know and what we don't. In A. Gual, P. Barrio, & L. Miquel (Eds.), *The Assessment and Treatment of Addiction* (pp. 21–42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-54856-4.00002-X>
- ## REFERENCES
- Grigorieva, V. N., Gaponova, L. V., Polezhaeva, T. A., & Matveeva, G. A. (2020). Specialized oil mixtures for the treatment and prevention of diseases associated with lipid metabolism disorders. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of farm products], (2), 22–33. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.240>
- Parshakova, L. P., Popel, S. S., Kropotova, J. S., & Pirgar, E. P. (2017). Production technology of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], (5), 25–27.
- Smetneva, N. S., Pogozheva, A. V., Vasil'ev, Yu. L., Dydykin, S. S., Dydykina, I. S., & Kovalenko, A. A. (2020). The role of optimal nutrition in the prevention of cardiovascular diseases. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Tokhirijon B., & Poznyakovskiy, V. M. (2017). Composition and technology development of the combined vegetable oil receipt for healthy nutrition. *Industriya pitaniya* [Food Industry], (4), 32–37.
- Shikh, E. V., Makhova, A. A., Pogozheva, A. V., & Elizarova, E. V. (2020). The importance of nuts in the prevention of various diseases. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 89(3), 14–21. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10025>
- Abdel-Razek, A. G., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H., & Hassanien, M. M. M. (2011). Blending of virgin olive oil with less stable edible oils to strengthen their antioxidative potencies. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10), 312–318.
- Ahmadi, S., Mani-Varnosfaderani, A., & Habibi, B. (2019). Characterization of binary edible oil blends using color histograms and pattern recognition techniques. *Analytical and Bioanalytical Chemistry Research*, 6(1), 111–124. <https://doi.org/10.22036/abcr.2018.128220.1204>
- Aidoud, A., Elahcene, O., Ammouche, A., & Rodriguez, A. B. (2016). Hepatoprotective effect of olive and argan oils supplemented with tomato lycopene in Wistar rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(4), 347–351. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.347.351>
- Aithammou, R., Harrouni, C., Aboudlou, L., Hallouti, A., Mlouk, M., Elsbahani, A., & Daoud, S. (2019). Effect of clones, year of harvest and geographical origin of fruits on quality and chemical composition of argan oil. *Food Chemistry*, 297, 124749. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.024>
- Bakour, M., Soulo, N., Hammas, N., El Fatemi, H., Aboulghazi, A., Tarq, A., Abdellaoui, A., Al-Waili, N., & Lyoussi, B. (2018). The antioxidant content and protective effect of argan oil and syzygium aromaticum essential oil in hydrogen peroxide-induced biochemical and histological changes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(2), 610. <https://doi.org/10.3390/ijms19020610>

- Balić, A., Vlašić, D., Žužul, K., Marinović, B., & Bukvić Mokos, Z. (2020). Omega-3 versus omega-6 polyunsaturated fatty acids in the prevention and treatment of inflammatory skin diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 741. <https://doi.org/10.3390/ijms21030741>
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., El-Alem, Y., & Hatimi, A. (2018a). Effects of roasting temperature and time on the chemical composition of argan oil. *International Journal of Food Science*, (4), 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/7683041>
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., & Hatimi, A. (2015). Effects of extraction methods on chemical composition and oxidative stability of Argan oil. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(6), 518–524.
- Belcadi-Haloui, R., Zekhnini, A., & Hatimi, A. (2018b). Comparative study of argan and other edible oils stability under accelerated oxidation. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(24), 1–7. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i24/127763>
- Berrougui, H., Cloutier, M., Isabelle, M., & Khalil, A. (2006). Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from THP-1 macrophages. *Atherosclerosis*, 184(2), 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2005.05.018>
- Bousalham, R., Rhazali, L. J., Harmouch, A., Lotfi, H., Benazouz, B., El Hessni, A., Ouichou, A., Akhouayri, O., & Mesfioui, A. (2015). Does argan oil supplementation affect metabolic parameters and behavior in Wistar rats? *Food and Nutrition Sciences*, 6, 816–824. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.69085>
- Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2018). The argan oil project: going from utopia to reality in 20 years. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 25(2), D209. <https://doi.org/10.1051/ocl/2018006>
- Dhifi, W., da Graça Costa Miguel, M., & Mnif, W. (2018). Argan oil: extraction, categories, chemical composition and health benefits. In H. K. Dieu Nauven (Ed.) *Seed oil: production, uses and benefits* (pp. 175–188). Nova Science Publishers, Inc.
- El Abbassi, A., Khalid, N., Zbakh, H., & Ahmad, A. (2014). Physicochemical characteristics, nutritional properties, and health benefits of argan oil: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(11), 1401–1414. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.638424>
- Elabadi, F., Devos, O., & Oussama, A. (2012). Analysis of argan oil adulteration using infrared spectroscopy. *Spectroscopy Letters*, 45(6), 458–463. <https://doi.org/10.1080/00387010.2011.639121>
- Elgadi, S., Ouhammou, A., Taous, F., Zine, H., Papazoglou, E. G., Elghali, T., Amenouz, N., El Allali, H., Aitlhaj, A., & El Antari, A. (2021). Combination of stable isotopes and fatty acid composition for geographical origin discrimination of one argan oil vintage. *Foods*, 10(6), 1274. <https://doi.org/10.3390/foods10061274>
- El Kharrassi, Y., Samadi, M., Lopez, T., Nury, T., El Kebbj, R., Andreoletti, P., El Hajj, H.I., Vamecq, J., Moustaid, K., Latruffe, N., El Kebbj, M'H.S., Masson, D., Lizard, G., Nasser, B., & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Biological activities of schottenol and spinasterol, two natural phytosterols present in argan oil and in cactus pear seed oil, on murine microglial BV2 cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 446(3), 798–804. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.02.074>
- El Monfalouti, H., Guillaume, D., Denhez, C., & Charrouf, Z. (2010). Therapeutic potential of argan oil: a review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 62, 1669–1675. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2010.01190.x> ISSN 0022-3573
- El Mostafi, H., Bahbiti, Y., Elhessni, A., Bousalham, R., Doumar, H., Ouichou, A., Benmhammed, H., Touil, T., & Mesfioui, A. (2020a). Neuroprotective potential of argan oil in neuropsychiatric disorders in rats: A review. *Journal of Functional Foods*, 75, 104233. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104233>
- El Mostafi, H., Elhessni, A., Touil, T., Ouichou, A., Laaziz, A., Doumar, H., & Mesfioui, A. (2020b). Argan oil supplementation attenuates voluntary ethanol consumption and withdrawal syndrome promoted by adolescent intermittent ethanol in rat. *Alcohol*, 87, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.alcohol.2020.04.007>
- Essouiri, J., Harzy, T., Benaicha, N., Errasfa, M., & Abourazak, F. E. (2017). Effectiveness of argan oil consumption on knee osteoarthritis symptoms: a randomized controlled clinical trial. *Current Rheumatology Reviews*, 13(3), 1–6. <https://doi.org/10.2174/1573397113666170710123031>
- Gharby, S., Harhar, H., Kartah, B., Guillaume, D., Chafchaoui-Moussaoui, I., Bouzoubaa, Z., & Charrouf, Z. (2014). Oxidative stability of cosmetic argan oil: a one-year study. *Journal of Cosmetic Science*, 65(2), 81–87.
- Gómez-Candela, C., Bermejo López, L. M., & Loria Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutricion Hospitalaria*, 26(2), 323–329. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.5117>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Guillaume, D., Pioch, D., & Charrouf, Z. (2019). Argan [*Argania spinosa* (L.) Skeels] oil. In M. F. Ramadan (Ed.), *Fruit oils: chemistry and functionality* (pp. 317–352). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_16
- Gulla, S., Waghay, K., & Reddy, U. (2010). Blending of oils-does it improve the quality and storage stability, an experimental approach on soyabean and palmolein based blends. *American Journal of Food Technology*, 5(3), 182–194. <https://doi.org/10.3923/ajft.2010.182.194>
- Haralampiev, I., Scheidt, H. A., Huster, D., & Müller, P. (2017). The potential of α -spinasterol to mimic the membrane properties of natural cholesterol. *Molecules*, 22(8), 1390. <https://doi.org/10.3390/molecules22081390>
- Hassanein, M. M. M. (2010). Blending of roasted and unroasted sesame seeds oils with sunflower and olive oils for improving their antioxidation potency. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 1(8), 445–456.
- Hassanien, M. M. M., & Abdel-Razek, A. G. (2012). Improving the stability of edible oils by blending with roasted sesame

- seed oil as a source of natural antioxidants. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(8), 4074–4083.
- Hilali, M., El Monfalouti, H., & Kartah, B. E. (2020). Valorization of argan oil: all you need to know about argan oil from Morocco. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), 6754–6762. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3612>
- Hooper, L., Al-Khudairy, L., Abdelhamid, A. S., Rees, K., Brainard, J. S., Brown, T. J., Ajabnoor, S. M., O'Brien, A. T., Winstanley, L. E., Donaldson, D. H., Song F., & Deane, K. H. O. (2018). Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD011094. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011094.pub4>
- Kartah, B. E., El Monfalouti, H., Harhar, H., Gharby, S., Charrouf, Z., & Matthaus, B. (2015). Effect of filtration on virgin argan oil: quality and stability. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(10), 2871–2877.
- Kechebar, M. S. A., Karoune, S., Belhamra, M., & Rahmoune, C. (2013). Characterization of the argan tree of southwestern Algeria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(6), 117–126.
- Kechebar, M. S. A., Karoune, S., Falleh, H., Belhamra, M., Rahmoune, C., & Ksouri, R. (2017). Characterization of Algerian argan oil (Tindouf region) and study of its antioxidant and antimicrobial activities in comparison with a Moroccan oil. *Nutrition & Santé*, 6(2), 82–95. <https://doi.org/10.30952/ns.6.2.5>
- Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T., Charrouf, Z., Spiegelhalter, B., Bartsch, H., & Owen, R. W. (2003). Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *European Journal of Cancer Prevention*, 12(1), 67–75. <https://doi.org/10.1097/01.cej.0000051106.40692.d3>
- Kharbach, M., Kamal, R., Bousrabat, M., Alaoui Mansouri, M., Barra, I., Alaoui, K., Cherrah, Y., Vander Heyden, Y., & Bouklouze, A. (2017). Characterization and classification of PGI Moroccan Argan oils based on their FTIR fingerprints and chemical composition. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 162, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2017.02.003>
- Kharbach, M., Kamal, R., Marmouzi, I., Barra, I., Cherrah, Y., Alaoui, K., Vander Heyden, Y., & Bouklouze, A. (2019). Fatty-acid profiling vs UV-visible fingerprints for geographical classification of Moroccan argan oils. *Food Control*, 95, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.046>
- Kharbach, M., Yu, H., Kamal, R., Barra, I., Marmouzi, I., Cherrah, Y., Alaoui, K., Bouklouze, A., & Vander Heyden, Y. (2021). New insights into the argan oil categories characterization: Chemical descriptors, FTIR fingerprints, and chemometric approaches. *Talanta*, 225, 122073. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.122073>
- Koudiri, M., Saadi, A. K. & Noui, A. (2014). Physicochemical study and composition of *Argania spinosa* oil from two regions of Algeria. *Chemistry of Natural Compounds*, 50(2), 346–348. <https://doi.org/10.1007/s10600-014-0949-1>
- Koudiri, M., Saadi, A. K., Noui, A., & Medjahed, F. (2015). The chemical composition of argan oil. *International journal of advanced studies in Computer Science and Engineering*, 4(5), 24–28.
- Krist, S. (2020). Argan oil. In S. Krist (Ed.), *Vegetable Fats and Oils* (p. 73–79), Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_9
- Lall, N., De Canha, M. N., Szuman, K., Charrouf, Z., Davids, L. M., & Rademan, S. (2019). The anti-proliferative and anti-bacterial activity of argan oil and crude saponin extract from *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Pharmacognosy Journal*, 11(1), 26–31. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.1.5>
- Leiva, G. E., Šegatin, N., Mazzobre, M. F., Abramovic, H., Abram, V., Vidrih, R., Buera, M. P., & Poklar Ulrih, N. (2016). Multi-analytical approach to oxidative stability of unrefined Argan, Chia, Rosa Mosqueta and Olive oils. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(1), 450. doi:10.4172/2155-9600.1000450
- Li, Y., Ma, W.-J., Qi, B.-K., Rokayya, S., Li, D., Wang, J., Feng, H.-X., Sui, X.-N., & Jiang, L.-Z. (2014). Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and radical scavenging activity. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(6), 2583–2589. <http://dx.doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.6.2583>
- Majourhat, K., Jabbar, Y., Araneda, L., Zeinalabedini, M., Hafidi, A., & Martínez-Gómez, P. (2007). Karyotype characterization of *Argania spinosa* (L.) Skeel (Sapotaceae). *South African Journal of Botany*, 73(4), 661–663. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.06.007>
- Marmesat Rodas, S., Morales Barroso, A., Velasco, J., & Dobarganes, M. C. (2012). Influence of fatty acid composition on chemical changes in blends of sunflower oils during thermoxidation and frying. *Food Chemistry*, 135(4), 2333–2339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.128>
- Miklavčič, M. B., Taous, F., Valenčič, V., Elghali, T., Podgornik, M., Strojnik, L., & Ogrinc, N. (2020). Fatty acid composition of cosmetic argan oil: provenience and authenticity criteria. *Molecules*, 25(18), 4080. <https://doi.org/10.3390/molecules25184080>
- Momchilova, S. M., Taneva, S. P., Dimitrova, R. D., Totseva, I. R., & Antonova, D. V. (2016). Evaluation of authenticity and quality of argan oils sold on the Bulgarian Market. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 93, 95–103.
- Mounir, F., Jourrane, M., & Sabir, M. (2015). Analyse basée télédétection pour la révision de la carte de répartition des peuplements à arganeraie et comparaison diachronique de sa dynamique spatiotemporelle. In: Actes du 3e congrès International de l'Arganier, Agadir 17–19 décembre 2015 (p. 36–38).
- Nosenko, T., Shemanskaya, E., Bakhmach, V., Sidorenko, T., Demydova, A., Berezka, T., Arutyunyan, T., & Matukhov, D. (2017). New vegetable oil blends to ensure high biological value and oxidative stability. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/6(89), 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111451>
- Orabi, S. H., Allam, T. S., Shawky, S. M., El-aziz Tahoun, E. A., Khalifa, H. K., Almeer, R., Abdel-Daim, M. M., El-Borai, N. B.,

- & Mousa, A. A. (2020). The antioxidant, anti-apoptotic, and proliferative potency of argan oil against betamethasone-induced oxidative renal damage in rats. *Biology*, 9(352), 352. <https://doi.org/10.3390/biology9110352>
- Ourrach, I., Rada, M., Perez-Camino, M. C., Benaissa, M., & Guinda, A. (2012). Detection of argan oil adulterated with vegetable oils: new markers. *Grasas y Aceites*, 63(4), 355–364. <https://doi.org/10.3989/gya.047212>
- Patel, K. P., Patel, S., Dash, D. K., Balaraman, R., & Maheshwari, R. A. (2021). A review on flax seed: A legume for longevity. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(39A), 107–122. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i39A32148>
- Roumane, A. (2017). Cooperatives and the economic value of biodiversity: The case of the argan oil sector in Morocco. *RECMA*, 346(4), 59–72. <https://doi.org/10.7202/1041722ar>
- Rueda, A., Cantarero, S., Seiquer, I., Cabrera-Vique, C., & Olalla, M. (2017). Bioaccessibility of individual phenolic compounds in extra virgin argan oil after simulated gastrointestinal process. *LWT – Food Science and Technology*, 75(3), 466–472. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.028>
- Rueda, A., Seiquer, I., Olalla, M., Giménez, R., Lara, L., & Cabrera-Vique, C. (2014). Characterization of fatty acid profile of argan oil and other edible vegetable oils by gas chromatography and discriminant analysis. *Journal of Chemistry*, 2014(6), 843908. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/843908>
- Simakova, I., Volf, E., Strizhevskaya, V., Popova, O., Kozyreva, V., & Karagulova, E. (2019). Blends of unrefined vegetable oils for functional nutrition. *Agronomy Research*, 17(4), 1761–1768. <https://doi.org/10.15159/AR.19.154>
- Simopoulos, A. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233(6), 674–688. <https://doi.org/10.3181/0711-MR-311>
- Sour, S., Belarbi, M., Khaldi, D., Benmansour, N., Sari, N., Nani, A., Chemat, F., & Visioli, F. (2012). Argan oil improves surrogate markers of CVD in humans. *British Journal of Nutrition*, 107(12), 1800–1805. <https://doi.org/10.1017/S0007114511004958>
- Taous, F., Amenouz, N., Marah, H., Maia, R., Maguas, C., Bahmad, L., & Kelly, S. (2020). Stable isotope ratio analysis as a new tool to trace the geographical origin of Argan oils in Morocco. *Forensic Chemistry*, 17, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2019.100198>
- Torri, L., Bondioli, P., Folegatti, L., Rovellini, P., Piochi, M., & Morini, G. (2019). Development of Perilla seed oil and extra virgin olive oil blends for nutritional, oxidative stability and consumer acceptance improvements. *Food Chemistry*, 286, 584–591. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.063>
- Venegas, C., Cabrera-Vique, C., Garcia-Corzo, L., Escames, G., Acuña-Castroviejo, D., & López, L. C. (2011). Determination of coenzyme Q10, coenzyme Q9, and melatonin contents in virgin argan oils: Comparison with other edible vegetable oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(22), 12102–12108. doi: 10.1021/jf203428t
- Voskanyan, O. S., Klokonos, M. V., Nikitin, I. A., Guseva, D. A., Nikitina, M. A., & Zavalishin, I. V. (2019). Modeling of the vegetable oil blends composition. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(8), 142–147.
- Wiss, D. A. (2019). The role of nutrition in addiction recovery: what we know and what we don't. In A. Gual, P. Barrio, & L. Miquel (Eds.), *The Assessment and Treatment of Addiction* (pp. 21–42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-54856-4.00002-X>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s131>

X-ray Diffraction for Detecting Starch Adulteration and Measuring the Crystallinity Indices of the Polymorphic Modifications of Starch

Ekaterina M. Podgorbunskikh, Karina V. Dome, Vladimir A. Buchtoyarov, Aleksey L. Bychkov

Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Correspondence:

Ekaterina M. Podgorbunskikh,
Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB RAS, 18, Kutateladze Str., Novosibirsk, 630090 Russia.
E-mail: podgorbunskikh@solid.nsc.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 16.01.2022
Accepted: 10.03.2022
Published: 30.03.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Starch is widely used in the food industry and biotechnology, including for manufacturing food packaging materials. Native starches from various sources exist in the form of three polymorphic modifications (A-, B- and C-types) differing in their crystal structure, which has an indirect effect on their physicochemical and technological properties.

Purpose. To properly and efficiently use starch as a raw material for biotechnology, one needs to preliminarily identify its polymorphic modification and crystallinity, as well as detect and discard adulterants or substandard raw materials. X-ray diffraction is suggested to be a rapid and accurate method for solving the outlined problems.

Materials and Methods. In this study, properties of commercial starch from various plant sources (corn, rice, wheat, potatoes, peas, and tapioca) were analyzed by X-ray diffraction and scanning electron microscopy.

Results. Starch of some brands was shown to be adulterated: the more expensive potato starch was replaced with cheaper corn starch. The crystallinity indices were determined for all the selected samples; the crystal structure of corn starch was found to be most highly ordered. Contrariwise, the C-type pea starch was characterized by the lowest degree of crystal structure ordering. The findings obtained in this study show that it is necessary to preliminarily determine the source of starch in order to identify its polymorphic modification, as well as physical and chemical properties by X-ray diffraction.

Conclusions. This information will be demanded for developing the new types of functional foods and reproducing the currently used biotechnologies.

KEYWORDS

starch, crystal structure, polymorphic modifications, crystallinity index, X-ray diffraction, edible packaging, identification, adulterated food

To cite: Podgorbunskikh, E. M., Dome, K. V., Buchtoyarov, A. V., & Bychkov, A. L. (2022). X-ray Diffraction for Detecting Starch Adulteration and Measuring the Crystallinity Indices of the Polymorphic Modifications of Starch. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 62–70. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i1.s131>

Acknowledgments: this work was supported by the grant of the President of the Russian Federation for governmental support of young Doctors of Sciences (project No. MD-2330.2022.1.3).



<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s131>

Х-гау дифракция для выявления фальсификатов крахмала и определения степени кристалличности полиморфных модификаций

Е. М. Подгорбунских, К. В. Доме, В. А. Бухтояров,
А. Л. Бычков

Институт химии твёрдого тела
и механохимии СО РАН, Новосибирск,
Россия

Корреспонденция:

Подгорбунских Екатерина Михайловна,
Институт химии твёрдого тела
и механохимии СО РАН, 630090,
Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18,
E-mail: podgorbunskikh@solid.nsc.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об
отсутствии
конфликта интересов

Поступила: 16.01.2022

Принята: 10.03.2022

Опубликована: 30.03.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Крахмал широко применяется в пищевой промышленности и биотехнологии, в том числе для изготовления упаковочных материалов для пищевых продуктов. Нативный крахмал из различных источников существует в виде трёх полиморфных модификаций (А-, В- и С-тип) с различной организацией кристаллической структуры, что непосредственно влияет на их физико-химические и технологические свойства.

Цель. Для корректного и эффективного использования крахмала как сырья для биотехнологии требуется предварительное определение полиморфной модификации и степени кристалличности, выявление и отбраковка фальсификатов или некондиционного сырья. Предполагается, что метод рентгеновской дифракции является экспрессным и точным для решения обозначенных задач.

Материалы и методы. В данной работе свойства коммерчески доступного крахмала из различных растительных источников (кукуруза, рис, пшеница, картофель, горох, тапиока) были исследованы с помощью Х-гау дифракции и сканирующей электронной микроскопии.

Результаты. Показано, что некоторые торговые марки являются фальсификатом, подменяющим более дорогой картофельный крахмал дешевым кукурузным. Для всех отобранных образцов были определены степени кристалличности, наибольшей упорядоченностью кристаллической структуры обладает кукурузный крахмал. Напротив, наименьшей упорядоченностью кристаллической структуры обладает гороховый, относящиеся к С-типу. Результаты исследования указывают на необходимость проведения предварительной идентификации источника крахмала для установления полиморфной модификации и физико-химических свойств методом Х-гау дифракции.

Выводы. Полученная информация будет необходима для разработки новых типов функциональных пищевых продуктов и воспроизводстве уже реализуемых биотехнологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

крахмал, кристаллическая структура, полиморфные модификации, степень кристалличности, Х-гау дифракция, съедобная упаковка, идентификация, фальсификат

Для цитирования: Подгорбунских, Е. М., Доме, К. В., Бухтояров, В. А., & Бычков, А. Л. (2022). Х-гау дифракция для выявления фальсификатов крахмала и определения степени кристалличности полиморфных модификаций. *Health, Food & Biotechnology*, 4(1), 62–70. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.il.s131>

Благодарности: работа была поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (проект № МД-2330.2022.1.3.).



INTRODUCTION

There currently is an increasing interest in environmentally friendly materials for packaging, storage, and transportation of food products, which could potentially replace coatings and packaging produced using petroleum derivatives. The most promising trend is to manufacture edible films and coatings based on biopolymers fabricated using physicochemical methods, while harsh conditions, chemical and biological agents are used to a minimal extent (Li et al., 2020). However, nowadays it is rather challenging to produce biopolymer films complying with the modern requirements posed on the conventional packaging materials, since they are supposed to exhibit comparable performance characteristics (Pogorelov et al., 2019). The strand of research focusing on production of biodegradable starch-based films has been maximally developed (Agarwal et al., 2021; Balles-teros-Martinez et al., 2020).

Native starch granules are semi-crystalline aggregates of amylose and amylopectin consisting of ordered and non-ordered domains (Zhu et al., 2018). The double helix formed by amylopectin chains is connected to the crystalline domains arranged regularly with respect to each other (Vamadevan and Bertfort, 2020). The non-ordered amorphous domains are formed both by amylose chains and by non-ordered domains of branched amylopectin chains (Kim et al., 2020).

There are three main types of polymorphic modifications of native starch. Depending on structural organization of lamellae, starches are subdivided into the A-, B-, and C-types. The A- and B-types of amylopectin have identical conformation of the helix, while having different unit cells: the orthorhombic one for A-type amylopectin and hexagonal one for B-type amylopectin (Litvyak et al., 2019). Brief characteristics of the unit cells of starches are summarized in Table 1 (Sarko and Wu, 1978).

Starch and products of its modification are widely used in the food industry as components of preventive nutrition (Lemos et al., 2018; Firdaus et al., 2018; Chevigny et al., 2016; Ferreira et al., 2016). The applicability of starch for designing eco-friendly products can be attributed to its advantages such as renewability, biodegradability, versatility, affordability, and cost. The specific application of starch depends on its physicochemical properties such as the length of α -glucan chains, the degree of branching and crystallinity index, which are the parameters responsible for the granule size, shape, and structure (Lorente-Ayza et al., 2015). Potato starch was found to possess better film-forming properties than other sources of starch due to its greater solubility (Jiang et al., 2020). However, materials based on potato starch with high amylopectin content are extremely sensitive to moisture and mechanical impact (Żółek-Tryznowska and Holica, 2020). The chemical and structural modifications of starch-based nanocrystals have also been widely studied. Along with cellulose, chitin and chitosan nanocrystals, starch nanocrystals are used as polysaccharide fillers for reinforcing composites (e.g., polylactic acid-based nanocomposites) due to their high crystallinity (Jadhav et al., 2020). Starch nanoparticles can also be used as food supplements, drug vehicles, components of glues, plastics, and other biodegradable composites (Espino-Pérez et al., 2016; Garcia et al., 2009).

One of the relevant problems related to food biotechnology is designing special food products or their components that have tailored properties and improved bioavailability to compensate for deficiencies of essential nutrients (Rastogi and Bhatia, 2019). Controlled variation in crystallinity allows one to obtain a more reactive product possessing improved mechanical properties, since the crystallinity index of native starches depends on their source and varies broadly from 15% to 45% (Rodrigues et al., 2020; Litvyak et al., 2019; Pozo et al., 2018; Bajer et al., 2013). We have previously shown that the efficiency of native starch amorphization depends

Table 1
Brief characteristics of the polymorphic modifications of starch

Type	a, Å	b, Å	c, Å	α , °	β , °	γ , °	Source
A	11.90	17.70	10.52	90	90	90	Corn (Luchese et al., 2017), wheat (Alay and Meireles, 2015), rice (Nara et al., 1978)
B	18.50	18.50	10.40	90	90	120	Potato (Singh et al., 2006), banana (Chavez-Salazar et al., 2017), sago (Katsumi et al., 2015)
C	18.50	18.50	10.47	90	90	120	Soybean (Purohit et al., 2019), tapioca (Singh et al., 2006), chickpea (Ghosal and Kaushal, 2019)

Note. a, b, and c are the unit cell parameters; α , β , γ are the angles formed between the edges of a unit cell.

on the type of the crystalline structure of starch (Author et al., 2020). Findings on the efficiency of mechanical activation of starch-containing raw materials have also been obtained (Author et al., 2022).

The initial step to identify the range of applicability of starch should involve confirming the type of polymorphic modifications of starch from various plant sources (corn, rice, wheat, potatoes, peas, and tapioca), measuring the crystallinity index, as well as potentially identifying and discarding adulterants and substandard raw materials.

MATERIALS AND METHODS

Thirty samples of commercially available starches (see Table 2) derived from various plant sources (corn, rice, wheat, potato, peas, and tapioca) were used as study objects.

The morphology of the selected starch samples was characterized by scanning electron microscopy (SEM) on a TM-1000 microscope (Hitachi, Japan) at a voltage of 15 kV; gold was pre-deposited onto the surface of the material on a JFC-1600 magnetron sputtering machine (Jeol, Japan). The sputtering time was 30 s; ion current was 30 mA.

The structural properties of starches were characterized by X-ray diffraction on a D8 Advance powder diffractometer (Bruker, Germany) with monochromatic CuK α radiation in

the Bragg–Brentano reflection geometry. The step size was 0.0195°. The analysis was performed within a wide range of 2 θ angles (3–70°) at a voltage of 40 kV and current of 40 mA. X-ray wavelength was 1.5406 Å.

Amorphous standards were obtained for each sample by prolonged mechanical activation of native samples in an AGO-2 planetary ball mill (20 g) identically to the procedure described in ref. (Author et al., 2020). The activation time was 10 min.

The crystallinity indices of starches under study were calculated using the procedure proposed by Nara and Komiyama (Frost, 2009; Nara et al., 1978). A fit curve connecting the base lines of the peaks was plotted on the recorded XRD pattern (see Figure 1). The area above the fit curve corresponded to the crystalline portion of starch, and the area below the curve corresponded to its amorphous portion.

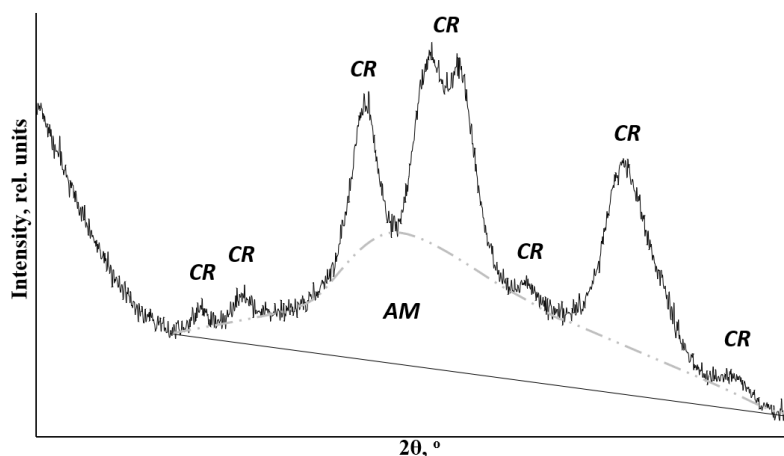
The crystallinity index (*CI*) was calculated as the ratio between the area of the crystalline phase and the total area under the XRD curve using the formula:

$$CI = \frac{S_{cr.phase}}{S_{total}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

where $S_{cr.phase}$ is the area of crystalline phase and S_{total} is the total area below the XRD pattern curve.

Figure 1

Graphic illustration of the method used to calculate the crystallinity index of starch



Note. **CR** – the crystalline phase; **AM** – the amorphous phase.

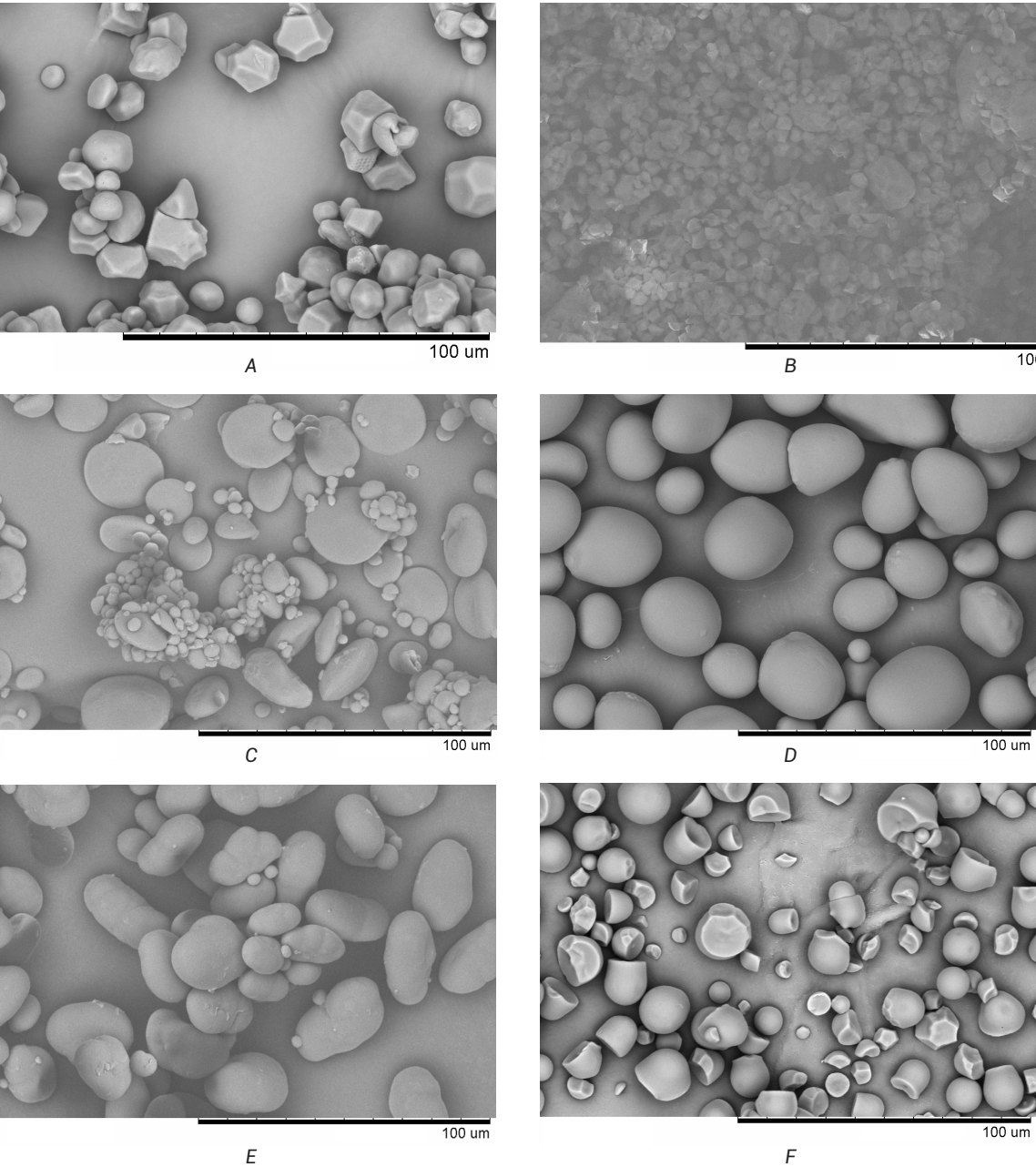
RESULTS

The microimages of the analyzed starches having different crystal structures were recorded by electron microscopy (Figure 2).

Table 2 lists the crystallinity indices for the 30 analyzed starch samples.

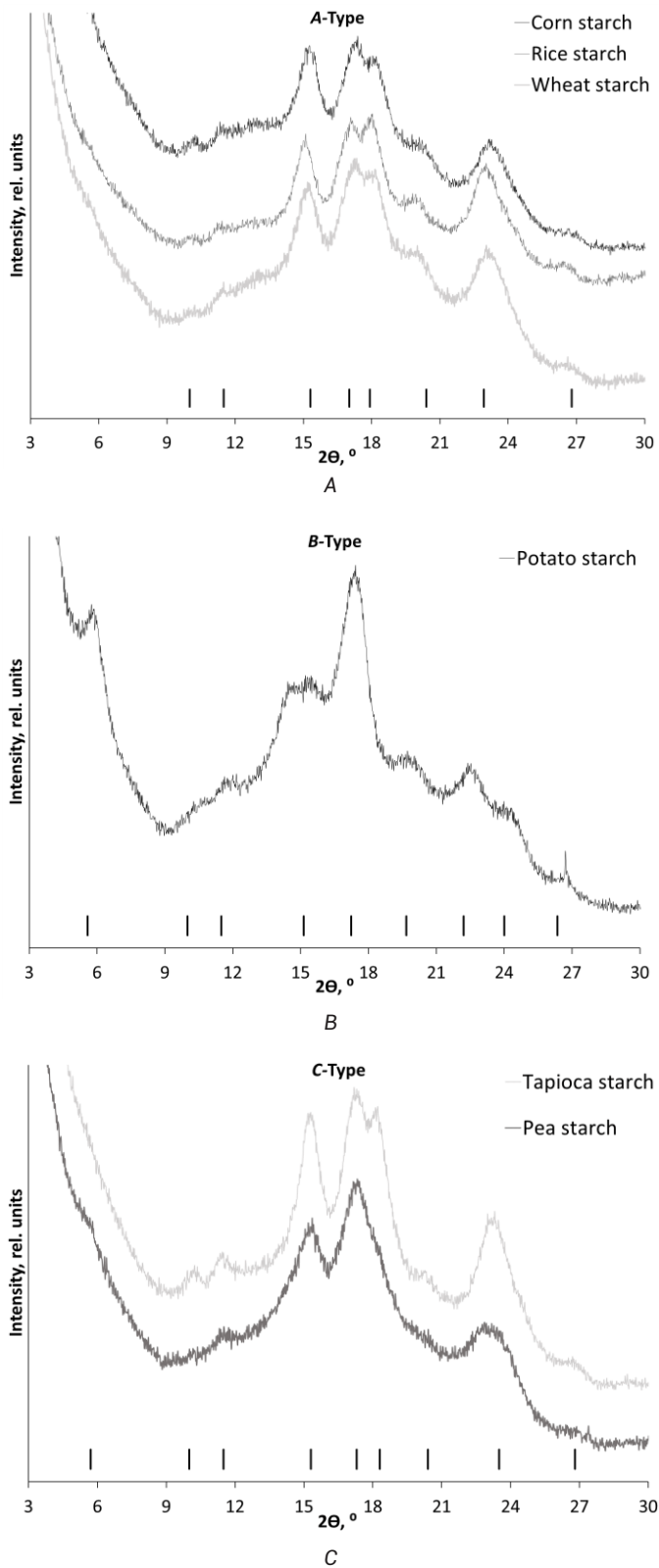
Figures 3A-C show the X-ray diffraction patterns recorded for the analyzed starches depending on the type of crystal structure.

Figure 2
SEM images of A-, B-, and C-type starches obtained from different sources



Note. A-type starches: A – corn starch, B – rice starch, and C – wheat starch; B-type starch: D – potato starch; C-type starches: E – pea starch and F – tapioca starch.

Figure 3
Examples of X-ray diffraction patterns typical of A-, B-, and C-type starches



Note. A: X-ray diffraction patterns of corn, rice, and wheat starches; B: X-ray diffraction pattern of potato starch; C: X-ray diffraction patterns of tapioca and pea starches.

Table 2
Crystallinity indices of starches depending on their source and type of crystal structure

No.	Poly-morphic type	Source	Country of manufacture	CI, %
1	A	Corn	France	45 ± 1
2			France	42 ± 3
3			Russia	43 ± 3
4			Russia	42 ± 2
5			Russia	42 ± 3
6			Russia	40 ± 2
7			Russia	37 ± 2
8			Russia	39 ± 2
9			Russia	41 ± 3
10			Russia	41 ± 2
11	B	Rice	Vietnam	39 ± 2
12		Wheat	China	35 ± 2
13		Potato	Finland	40 ± 3
14			Russia	40 ± 3
15			Russia	36 ± 2
16			Russia	40 ± 4
17			Russia	37 ± 2
18			Russia	38 ± 4
19			Russia	38 ± 3
20			Russia	41 ± 2
21			Russia	36 ± 3
22			Russia	40 ± 2
23			Russia	37 ± 1
24	C	Tapioca	Russia	42* ± 3
25			Russia	42* ± 3
26			Russia	38* ± 2
27			Russia	40* ± 2
28			Russia	41 ± 2
29		Peas	Russia	26 ± 3
30			China	29 ± 2

Note. CI – crystallinity index. * – Starch mismatches the declared type of polymorphic modification.

DISCUSSION

The polymorphic modifications of starch have different crystal structures and different crystallinity indices (the ratio between the number of crystalline and amorphous regions) in particular. Starch that was already amorphized is often used in food industry as a thickener, a stabilizer, a gelling agent, a food filler, or a water retention agent. The amorphized starch can also be used for manufacturing biodegradable films to store the finished product. As shown earlier (Author et al., 2020), mechanical pretreatment of potato (*B*-type) starch requires less energy than pretreatment of corn (*A*-type) or tapioca (*C*-type) starch does. In order to enhance the efficiency of starch application in the food industry, one needs to acquire information about the polymorphic modification and crystallinity index of starch being used.

Granules of the *A*-type corn and rice starches have an irregular polyhedral shape (see Figure 2A-B). Granules of wheat starch (see Figure 2C) are different: they have a flattened round shape and can form aggregates under normal storage conditions. Granules of *B*-type potato starch are preferentially shaped as spheres or ellipsoids and have a smooth surface characterized by slight roughness (see Figure 2D). Granules of *C*-type starches have different structures depending on their source. Thus, granules of pea starch are likely to have an elliptical shape (see Figure 2E), while granules of tapioca starch (see Fig. 2F) are irregularly shaped.

The XRD patterns of corn, rice, and wheat starches contain diffraction peaks characteristic of *A*-type starch at (2θ):

15.00°, 17.02°, 17.92°, and 22.93° (Munoz, 2015; Singh et al., 2006). The XRD pattern of potato starch contains diffraction peaks characteristic of *B*-type starch at (2θ): 5.58°, 15.13°, 17.23°, 19.67°, 22.20°, 24.00°, and 26.35° (Munoz, 2015; Singh et al., 2006). The polymorphic modification of *C*-type starch is a mixed crystal structure: a starch granule has a hilum with a *B*-type structure surrounded with *A*-type crystallites (Zobel, 1988). Therefore, crystallites having different structures coexist. The XRD patterns of pea and tapioca starches recorded in the Bregg–Brentano geometry contain the following characteristic diffraction peaks at (2θ): 5.58°, 15.15°, 17.12°, 18.19°, and 22.78° (Munoz, 2015; Singh et al., 2006).

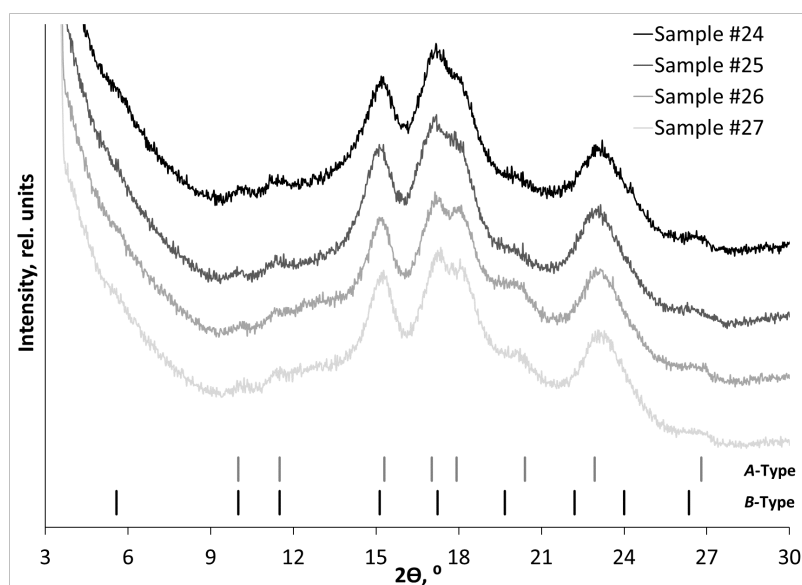
X-ray diffraction analysis revealed a mismatch of the crystal structures of declared potato starch for a number of brands (see samples Nos. 24–27 in Table 2). Figure 4 shows the XRD patterns of isolated samples compared to the theoretical profiles of the *A*- and *B*-type polymorphic modifications. The XRD patterns recorded for these potato starch samples were shown to contain diffraction peaks typical of *A*-type starch. The difference in costs of potato and corn starches (the average cost of potato starch is 1.1–1.2-fold higher than that of corn starch) gives grounds to assume that the analyzed packages contained corn starch.

CONCLUSIONS

The findings obtained in this study prove that X-ray diffraction can be used not only to routinely determine the crystallinity index of starch but also to identify its crystal structure,

Figure 4

X-ray diffraction patterns of samples Nos. 24–27 and the diffraction peak profiles typical of *A*- and *B*-type starch



thus affecting the choice which source of starch to use (e.g., corn, rice, wheat, potatoes, peas, tapioca, etc.).

Identifying the samples of commercial starch of different brands has revealed a number of mismatches: the starch declared to be potato starch by the manufacturer was actually corn starch. The crystallinity indices were determined. The A-type corn starch was found to have the most highly ordered crystal structure. Contrariwise, the lowest ordering of crystal structure was revealed for the C-type pea starch.

This information can be used when developing the novel types of safe functional foods characterized by better nutrient bioavailability.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

E. M. Podgorbunskikh: conceived and designed the analysis, designed the method and its analysis, contributed data or analysis tools, performed the analysis, wrote the paper

K. V. Dome: conceived and designed the analysis, designed the method and its analysis, contributed data or analysis tools, performed the analysis, wrote the paper

V. A. Bukhtoyarov: conceived and designed the analysis, contributed data or analysis tools, performed the analysis, wrote the paper

A. L. Bychkov: conceived and designed the analysis, designed the method and its analysis, contributed data or analysis tools, wrote the paper

REFERENCES

- Agarwal, S., Singhal, S., Godiya, C. B., Kumar, S. (2021). Prospects and applications of starch based biopolymers *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1963717. <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1963717>
- Alay, S. C. A., & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35, 215–236. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>
- Bajer, D., Kaczmarek, H., & Bajer, K. (2013). The structure and properties of different types of starch exposed to UV radiation: A comparative study. *Carbohydrate Polymers*, 98, 477–482. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.05.090>
- Ballesteros-Martinez, L., Perez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- Chavez-Salazar, A., Bello-Perez, L. A., Agama, E., Castellanos-Galeano, F. J., & Alvarez-Barreto, C. I. (2017). Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.024>
- Chevigny, C., Foucat, L., Rolland-Sabate, A., Buleon, A., & Lourdin D. (2016). Shape-memory effect in amorphous potato starch: The influence of local orders and paracrystallinity. *Carbohydrate Polymers*, 146, 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.065>
- Dome, K., Podgorbunskikh, E., Bychkov, A., & Lomovsky, O. (2020). Changes in the crystallinity degree of starch having different types of crystal structure after mechanical pretreatment. *Polymers*, 12, 641. <https://doi.org/10.3390/polym12030641>
- Dome, K., Podgorbunskikh, E., Bychkov, A., & Lomovsky, O. (2022). Influence of mechanical treatment on the crystalline structure of pea starch. *AIP Conference Proceedings*, 2390(1), # 030013. <https://doi.org/10.1063/5.0069197>
- Espino-Pérez, E., Gilbert, R.G., Domenek, S., Brochier-Salon, M.C., Belgacem, M.N., & Bras, J. (2016). Nanocomposites with functionalised polysaccharide nanocrystals through aqueous free radical polymerisation promoted by ozonolysis. *Carbohydrate Polymers*, 135, 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.005>
- Ferreira, A. R. V., Alves, V. D., & Colehoso, I. M. (2016). Polysaccharide-based membranes in food packaging applications. *Membranes*, 6, 1–17. <https://doi.org/10.3390/membranes6020022>
- Firdaus, J., Sulistiyani, E., & Subagio, A. (2018). Resistant starch modified cassava flour (MOCFAF) improves insulin resistance. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 10, 32–36. <https://doi.org/10.3923/ajcn.2018.32.36>
- Frost, K., Kaminski, D., Kirwan, G., Lascaris, E., & Shanks, R. (2009). Crystallinity and structure of starch using wide angle X-ray scattering. *Carbohydrate Polymers*, 78, 543–548. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.018>
- Garcia, N. L., Ribba, L., Dufresne, A., Aranguren, M. I., & Goyanes, S. (2009). Physico-mechanical properties of biodegradable starch nanocomposites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 294, 169–177. <https://doi.org/10.1002/mame.200800271>
- Ghosal, G., & Kaushal, K. (2019). Extraction, characterization, physicochemical and rheological properties of two different varieties of chickpea starch. *Legume Science*, 2, 17. <https://doi.org/10.1002/leg3.17>
- Jadhav, H., Jadhav, A., Takkalkar, P., Hossain, N., Nizammuddin, S., Zahoor, M., Jamal, M., Mubarak, N. M., Griffin, G., & Kao, N. (2020). Potential of polylactide based nanocompos-

- ites-nanopolysaccharide filler for reinforcement purpose: a comprehensive review. *Journal of Polymer Research*, 27, 330. <https://doi.org/10.1007/s10965-020-02287-y>
- Jiang, F., Du, C., Jiang, W., Wang, L., & Du, S. (2020). The preparation, formation, fermentability, and applications of resistant starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 1155–1161. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.124>
- Katsumi, N., Okazaki, M., Yonebayashi, K., Kawashima, F., Nishiyama, S., & Nishi, T. (2015). Chemical and physical characterizations of cooked rice using different cooking methods. *Sago Palm*, 22, 25–30. <https://doi.org/10.12691/jfnr-8-11-4>
- Kim, H. R., Choi, S. J., Choi, H., Park, C., & Moon, T. W. (2020). Amylosucrase-modified waxy potato starches recrystallized with amylose: The role of amylopectin chain length in formation of low-digestible fractions. *Food chemistry*, 318, 126490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126490>
- Lemos, P. V. F., Barbosa, L. S., Ramos, I. G., Coelho, R. E., & Druzian J. I. (2018). The important role of crystallinity and amylose ratio in thermal stability of starches. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 131, 2555–2567. <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6834-y>
- Li, C., Sheng, L., Sun, G., & Wang, L. (2020). The application of ultraviolet-induced photo-crosslinking in edible film preparation and its implication in food safety. *Lwt – Food Science and Technology*, 131, 109791. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109791>
- Lityak, V., Sysa, A., Batyan, A., & Kravchenko, V. (2019). Features of the formation of taste sensations. *Ukrainian Food Journal*, 8, 597–619. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-3-15>
- Lorente-Ayza, S. M. M., Orts, M. J., & Pérez-Herranz, V. (2015). Role of starch characteristics in the properties of low-cost ceramic membranes. *Journal of the European Ceramic Society*, 35, 2333–2341. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.02.026>
- Luchese, C. I., Spada, J. C., & Tessaro, I. C. (2017). Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops and Products*, 109, 619–626. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.020>
- Munoz, L. A., Pedreschi, F., Leiva, A., & Aguilera, J. M. (2015). Loss of birefringence and swelling behavior in native starch granules: Microstructural and thermal properties. *Journal of Food Engineering*, 152, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.017>
- Nara, S., Mori, A., & Komiya, T. (1978). Study on relative crystallinity of moist potato starch. *Starch*, 4, 111–114. <https://doi.org/10.1002/star.19780300403>
- Pogorelov, A. G., Kuznetsov, A. L., Pogorelova, V. N., Suvorov, O. A., Panait, A. I., & Pogorelova M. A. (2019). Destruction of a bacterial biofilm with an electrochemically activated solution. *Biophysics*, 64, 583–587. <https://doi.org/10.1134/S000635091904016X>
- Pozo, C., Rodriguez-Llamazares, S., Bouza, R., Barral, L., Castano, J., Muller, N., & Restrepo, I. (2018). Study of the structural order of native starch granules using combined FTIR and XRD analysis. *Journal of Polymer Research*, 25, 266. <https://doi.org/10.1007/s10965-018-1651-y>
- Purohit, S., Jayachandran, L. E., Raj, A. S., Nayak, D., & Rao, P. S. (2019). X-ray-diffraction for food quality evaluation, In J. Zhong, X. Wang (Eds.), *Evaluation Technologies for Food Quality*, 1st ed. (914 p.). Woodhead Publishing.
- Sarko, A., & Wu, C. H. (1978). The crystal structures of A-, B- and C-polymorphs of amylose and starch. *Starch*, 30, 73–78. <https://doi.org/10.1002/star.19780300302>
- Rastogi, H., & Bhatia, S. (2019). Future perspectives for enzyme technologies in the food industry. In M. Kuddus (Ed.), *Enzymes in food biotechnology*. Academic Press.
- Rodrigues, S. C. S., da Silva, A. S., de Carvalho, L. H., Alves, T. S., & Barbosa, R. (2020). Morphological, structural, thermal properties of a native starch obtained from babassu mesocarp for food packaging application. *Journal of Materials Research and Technology*, 9, 15670–15678. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.030>
- Shi, M., Jing, Y., Yang, L., Huang, X., Wang, H., Yan, Y., & Liu, Y. (2019). Structure and physicochemical properties of malate starches from corn, potato, and wrinkled pea starches. *Polymers*, 11, 1523. <https://doi.org/10.3390/polym11091523>
- Shusaku, N., Horiuchi, S., Ikehata, A., & Ogawa, Y. (2021). Determination of starch crystallinity with the Fourier-transform terahertz spectrometer. *Carbohydrate Polymers*, 262, 117928. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117928>
- Singh, V., Ali, S. Z., Somashekar, R., & Mukherjee, P. S. (2006). Nature of crystallinity in native and acid modified starches. *International Journal of Food Properties*, 9, 845–854. <https://doi.org/10.1080/10942910600698922>
- Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V. (2019). Starch-based films: Major factors affecting their properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 1079–1089. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190>
- Vamadevan, V., & Bertfort, E. (2020). Observations on the impact of amylopectin and amylose structure on the swelling of starch granules. *Food Hydrocolloids*, 103, 105663. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105663>
- Zhang, D., Chen, L., Dong, Q., Din, Z., Hu, Z., Wang, G., Ding, W., He, J., & Cheng, S. (2021). Starch/tea polyphenols nanofibrous films for food packaging application: From facile construction to enhance mechanical, antioxidant and hydrophobic properties. *Food Chemistry*, 360, 129922. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129922>
- Zhu, X., He, Q., Hu, Y., Huang, R., Shao, N., & Gao, Y. (2018). A comparative study of structure, thermal degradation, and combustion behavior of starch from different plant sources. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 132, 927–935. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7030-4>
- Zobel, H. F. (1988). Starch crystal transformations and their industrial importance. *Starch*, 40, 1–7. <https://doi.org/10.1002/star.19880400102>
- Żółek-Tryznowska, Z., & Holica, J. (2020). Starch films as an environmentally friendly packaging material: Printing performance. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124265>