

ISSN 2712-7648

HEALTH, FOOD & BIOTECHNOLOGY

VOLUME 7 • ISSUE 2 • JUNE 2025



HFB
HEALTH, FOOD & BIOTECHNOLOGY



№ 2 – 2025

Периодичность издания – 4 номера в год

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет» (РОСБИОТЕХ)

Редакция

Заведующий редакцией	—	Тихонова Елена Викторовна
Выпускающий редактор	—	Косычева Марина Александровна
Редактор по этике	—	Косычева Марина Александровна
Ответственный секретарь	—	Лаптева Елена Александровна
Медийный редактор	—	Щербакова Екатерина Олеговна

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

Адрес:

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел. +7 (499) 750-01-11*6585
E-mail: hfb@mgupp.ru
Официальный сайт учредителя: mgupp.ru
Официальный сайт редакции: hfb-mgupp.com

© ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» (РОСБИОТЕХ), 2025.

№ 2 – 2025

Periodicity of publication – 4 issues per year

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Biotechnological University» (BIOTECH University)

Editorial Team

Head of Editorial Team	—	Elena V. Tikhonova
Editor of Issue	—	Marina A. Kosycheva
Ethics Editor	—	Marina A. Kosycheva
Executive Secretary	—	Elena A. Lapteva
Social Media and Product Editor	—	Ekaterina O. Shcherbakova

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

Address::

11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
Tel. +7 (499) 750-01-11*6585
E-mail: hfb@mgupp.ru
Official web site of Founder: mgupp.ru
Official web site of the Editorial Office: hfb-mgupp.com

© FSBEI HE «Russian Biotechnological University» (BIOTECH University) , 2025.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

■ ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Данильчук Татьяна Николаевна

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Россия

■ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Абдуллаева Асият Мухтаровна

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Россия

Андреева Татьяна Ивановна

Институт пластмасс им. Г.С. Петрова, Россия

Бычков Алексей Леонидович

Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, Россия

Данильчук Татьяна Николаевна

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Россия

Джавахян Марина Аркадьевна

Московский государственный медико-стоматологический университет им А.И. Евдокимова, Россия

Жилякова Елена Теодоровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Игнар Штефан

Варшавский университет естественных наук, Польша

Игнатенко Григорий Анатольевич

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, ДНР

Кирш Ирина Анатольевна

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Россия

Коврига Владислав Витальевич

ООО «Группа «Полимертепло», Россия

Корокин Михаил Викторович

Белгородский национальный исследовательский университет, Россия

Куркин Денис Владимирович

Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, Россия

Маль Галина Сергеевна

Курский государственный медицинский университет, Россия

Налетов Андрей Васильевич

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, ДНР

Новиков Олег Олегович

Научно-образовательный ресурсный центр РУДН, Россия

Оковитый Сергей Владимирович

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет, Россия

Присный Андрей Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Сагян Ашот Серобович

Национальная Академия наук РА, Республика Армения

Самбандам Ананадан

Национальный институт технологий, Индия

Северинов Константин Викторович

Институт молекулярной генетики НИЦ «Курчатовский институт», Россия

Серба Елена Михайловна

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи (ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»), Россия

Симонов-Емельянов Игорь Дмитриевич

Российский технологический университет МИРЭА, Россия

Фриас Йезус

Дублинский технологический институт, Ирландия

Цыганова Татьяна Борисовна

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Россия

Чалых Татьяна Ивановна

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Россия

Щетинин Михаил Павлович

Международная промышленная академия, Россия

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF**Tatyana N. Danilchuk**

Russian Biotechnological University (BIOTECH University)

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

Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Russia

Tatyana I. Andreeva

G.S. Petrov Scientific Research Institute of Plastics, Russia

Aleksey L. Bychkov

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

Tatyana N. Danilchuk

Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Russia

Marina A. Dzhevakhyan

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Russia

Elena T. Zhilyakova

Belgorod State University, 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

Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Russia

Mikhail V. Korokin

Belgorod State University, Russia

Vladislav V. Kovriga

Polymerteplo Group, Russia

Denis V. Kurkin

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Russia

Galina S. Mal

Kursk State Medical University, Russia

Andrey V. Nalyotov

Donetsk National Medical University, DPR

Oleg O. Novikov

RUDN University Shared Research and Educational Centre, Russia

Sergey V. Okovityi

Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Russia

Andrey A. Prisnyi

Belgorod State University, Russia

Ashot S. Saghyan

National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Armenia

Anandan Sambandam

National Institute of Technology of Tiruchirappalli, India

Elena M. SerbaAll-Russian Research Institute of Food Biotechnology, Federal Research **Center for Nutrition**, Biotechnology and Food Safety, Russia**Konstantin V. Severinov**

Institute of Gene Biology Russian Academy of Sciences, Russia

Igor D. Simonov-Emelyanov

MIREA-Russian Technological University, Russia

Mikhail P. Schetinin

International Industrial Academy, Russia

Tatyana I. Tchalykh

Russian University of Economics named after G. V. Plekhanov, Russia

Tatyana B. Tsyganova

Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Russia

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКТОРСКАЯ СТАТЬЯ

Е.В. Тихонова, М.А. Косычева
Статья-позиция (*position paper*) в научной коммуникации:
риторика, структура, рекомендации авторам 6

ЗДОРОВЬЕ

Л.Х. Абдуллина, А.А. Мосина, Ю.А. Сорокина, Е.П. Струева
Влияние микробиоты кишечника на развитие шизофрении.
Пути фармакологической коррекции (систематический обзор предметного поля) 21

ПИТАНИЕ

М.С. Головизнина, А.В. Рыжакова
Роль жировых компонентов в формировании вкусовых достоинств и качества конфет 31

Л.Ч. Бурак
Ультрапереработанные продукты питания: методы снижения их калорийности
и повышения пищевой ценности (Обзор предметного поля) 41

С.А. Синтяев
Оптимизация рациона питания военнослужащих в условиях специальной военной операции:
анализ эффективности и перспективы развития 76

CONTENTS

EDITORIAL

Elena V. Tikhonova, Marina A. Kosycheva
Position Paper in Scholarly Communication:
Rhetoric, Structure, Recommendations for Authors 7

HEALTH

Lilia Kh. Abdullina, Anna A. Mosina, Yulia A. Sorokina, Elena P. Strueva
The Influence of Gut Microbiota on the Development of Schizophrenia.Ways of Pharmacological Correction
(Systematic Scoping Review) 22

FOOD

Marina S. Goloviznina, Alla V. Ryzhakova
The Role of Fat Components in the Formation of Taste and Quality of Sweets 32

Leonid Ch. Burak
Ultra-Processed Foods: Methods to Reduce their Caloric Content and Increase their Nutritional Value
(Scoping Review) 42

Sergei A. Sintiaev
Optimization of the Diet for Military Personnel in the Context of a Special Military Operation:
Analysis of Effectiveness and Development Prospects 77

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s285>

Статья-позиция (*position paper*) в научной коммуникации: риторика, структура, рекомендации авторам

Е.В. Тихонова, М.А. Косычева

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), Москва, Россия

Корреспонденция:

Тихонова Елена Викторовна,
Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117485, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23
E-mail: tikhonovaev@mgru.ru

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 15.05.2025

Поступила после
рецензирования: 27.06.2025

Принята: 30.06.2025

Copyright: © 2025 Авторы

АННОТАЦИЯ

Цель данной редакторской статьи заключается в обосновании методологических и риторических принципов написания статьи-позиции, как жанра, который предназначен для формулирования аргументированных профессиональных позиций в научной и нормативной среде. Статья рассматривает структуру жанра, а именно введение, обзор текущей ситуации, логическую аргументацию, анализ методологических проблем и обоснованные рекомендации. Особое внимание уделяется риторическим методам, которые гарантируют, что авторская позиция убедительна и системна, а также международному контексту, в котором формируется научно обоснованная аргументация. Материал сопровождается примерами на основе исследований в пищевой промышленности, что позволяет продемонстрировать прикладной потенциал жанра для решения актуальных проблем цифровой трансформации и нормативной совместимости. Статья адресована исследователям, экспертам и разработчикам стандартов, которые хотят улучшить академический и профессиональный дискурс.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

статья-позиция; структура статьи-позиции; жанры научных публикаций; академическое письмо; риторика научного текста; научная аргументация; оформление экспертных предложений



Для цитирования: Тихонова, Е.В., & Косычева, М.А. (2025). Статья-позиция (*position paper*) в научной коммуникации: риторика, структура, рекомендации авторам. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 6–20. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s285>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s285>

Position Paper in Scholarly Communication: Rhetoric, Structure, Recommendations for Authors

Elena V. Tikhonova, Marina A. Kosycheva

Sergo Ordzhonikidze Russian State
University for Geological Prospecting
(MGRI), Moscow, Russia

Correspondence:

Elena V. Tikhonova,
Sergo Ordzhonikidze Russian State
University for Geological Prospecting
(MGRI), 23, Miklouho-Maclay
St., Moscow, 117997, Russia
E-mail: tikhonovaev@mgri.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 15.05.2025

Received in revised form: 27.06.2025

Accepted: 30.06.2025

Copyright: © 2025 The Authors

ABSTRACT

This editorial is aimed at substantiating the methodological and rhetorical principles of writing a position paper as a genre that is intended to formulate reasoned professional positions in the scholarly and regulatory environment. The article examines the structure of the genre, namely the Introduction, Review of the current situation, Logical argumentation, Analysis of methodological problems and Recommendations. Rhetorical methods that ensure that the author's position is convincing, systematic, and globally contextualized are highlighted. The editorial provides the examples from the research in the food industry, which allow for demonstrating the applied potential of the genre for solving current problems of digital transformation and regulatory interoperability. The article may be of interest to researchers, experts, and standard developers seeking to enhance the quality of academic and professional discourse.

KEYWORDS

position paper; position paper structure; research genres; academic writing; scientific text rhetoric; scientific argumentation; expert proposal design



To cite: Tikhonova, E.V., & Kosycheva, M. A. (2025). Position paper in scholarly communication: Rhetoric, structure, recommendations for authors. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 6–20. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i1.s285>

ВВЕДЕНИЕ

Сфера научной коммуникации находится в постоянной трансформации в условиях стремительно развивающихся технологий и потребностей научного сообщества. В эпоху цифровой трансформации распространение научного знания претерпевает значительные изменения (Mukherjee, 2010). Все более признаваемая политика открытого доступа улучшает распространение научных результатов и ускоряет открытия (Pérez-Llantada, 2021). Ученые отмечают, что в последнее десятилетие наука все более интегрируется в общество, и научные статьи в их традиционном виде больше не являются единственной и абсолютной формой распространения научного знания (Collins et al., 2016; Hara et al., 2019; Pérez-Llantada, 2021), ученые могут предлагать для обсуждения наборы данных, программное обеспечение, а также другие нетрадиционные исследовательские продукты (Piwowar, 2013). Соответственно, жанры научной коммуникации также находятся в постоянном развитии, однако статья в научном журнале по-прежнему остается на вершине иерархии жанров (Swales, 2004), так как она является маркером академического престижа и повышает видимость исследователей (Aalbersberg et al., 2014).

Ученые могут оперативно делиться своими научными открытиями посредством кратких сообщений (Тихонова & Шленская, 2022а), которые представляют собой так называемую ускоренную модель публикации, позволяющую затрагивать меньше усилий на подготовку полноценной статьи, но дающие возможность обсудить и показать позицию автора по недавно полученным результатам исследования (Ledgerwood & Sherman, 2012). Остается популярным жанр статьи-мнения, который представляет собой не только оценку тенденций в определенном предметном поле, но и конструктивную критику (Косычева & Тихонова, 2021), а также жанр перспективной статьи, выступающей в роли форума для анонсирования новых идей и обсуждения опубликованных материалов с претворением их в реальную практику (Söderström, 2013; Тихонова & Шленская, 2022).

Относительно мало обсуждаемым остается жанр статьи-позиции. Термин статья-позиция (*position paper*)

традиционно переводится на русский язык как аргументированная позиция автора по актуальному вопросу¹. Данный жанр представляет собой научно-аналитическую статью, в которой автор(ы) отстаивают определенную точку зрения по спорной или недостаточно изученной и проанализированной проблеме, с использованием доказательств, проведением сравнительного анализа и предложениями по решению обсуждаемой проблемы.

Статья-позиция отличается от эмпирических или обзорных статей тем, что не требует никакого дополнительного сбора данных; однако статья-позиция требует значительной аналитичности, нормативной аргументации и экспертной проработки вопроса. Жанр особенно популярен в областях нормативных реформ, этических дилемм, образовательной политики, научной инфраструктуры и других областях, где важна не только констатация фактов, но и обоснованная позиция автора².

Цель данной редакторской статьи — проанализировать и обосновать методологические и риторические принципы написания статьи позиции как инструмента аргументации авторской позиции в научной и нормативной среде.

Риторическая структура статьи-позиции

Так как цель статьи-позиции заключается в убеждении научного и профессионального сообщества в необходимости определенных изменений или признания проблемы, структура ее текста имеет четкую риторическую направленность (Osman, 2018) и обычно включает следующие разделы (NMUN, 2021): Введение, Контекст и обзор текущей ситуации, Аргументация позиции, Методологический разрыв / вызовы / риски, Рекомендации по реформированию / улучшению ситуации, Заключение³.

Введение: постановка проблемы

Введение в этом жанре играет ключевую роль, так как его задача не только обозначить тему, но и сформировать основание для высказывания позиции как законной, обоснованной и своевременной. Основная его

¹ Guidelines for Position Papers & Issue Briefs (n.d.). *What is a position paper?* <https://www.ala.org/yalsa/aboutyalsa/yalsahandbook/whitepapers>

² Guidelines for Position Papers & Issue Briefs (n.d.). *Why create a position paper?* <https://www.ala.org/yalsa/aboutyalsa/yalsahandbook/whitepapers>

³ Все примеры в тексте приводятся на базе гипотетической темы статьи-позиции «Отсутствие в России современной нормативной базы, обеспечивающей цифровую прослеживаемость, сертификацию и международную совместимость пробиотических штаммов, используемых в пищевой промышленности». Тему и примеры авторы сформулировали. Примеры не извлекались из текста реальных статей. Гипотетическая позиция автора этой статьи-позиции: Необходимо разработать национальный регламент допуска и цифровой регистрации пробиотических штаммов, предназначенных для пищевого применения, основанный на международных стандартах (EFSA QPS, Codex Alimentarius, ISO 22000) и принципах онтологической совместимости (SKOS, RDF), чтобы обеспечить экспортную интеграцию и безопасность.

функция состоит в подготовке читателя к восприятию авторской позиции как необходимой реакции на структурную проблему, пробел или вызов.

Чтобы достичь этого эффекта, введение строится по определенной риторической схеме, включающей следующие шаги:

1. Обозначение значимости темы

Автор формирует рамку: показывает, что рассматриваемая проблема имеет отношение к важной сфере — здравоохранению, устойчивому развитию, национальной продовольственной безопасности и т. п.

Например: *Расширение производства функциональных продуктов питания, основанных на пробиотических культурах, рассматривается как приоритетное направление обеспечения здоровья населения, развития экспортного потенциала и достижения целей устойчивого развития (ЦУР 3 и 9). Биотехнологии, связанные с использованием штаммов микроорганизмов, становятся критически важными для пищевой промышленности, особенно в условиях ограниченного доступа к зарубежным биоиндустриальным решениям.*

На данном этапе важно не просто обозначить отраслевую актуальность темы, но и вписать ее в транснациональную и стратегическую рамку: продовольственная независимость, санитарная безопасность, биотехнологическая модернизация.

2. Проблематизация ситуации

На следующем этапе автор показывает, что существует структурная проблема, которую нельзя решить локально или с помощью существующих инструментов.

Например: *Несмотря на признанный потенциал отечественных пробиотических штаммов, действующее регулирование ограничивается лишь допуском импортных культур с историей безопасного применения (например, GRAS или QPS). В то же время отсутствует процедура научной экспертизы и сертификации новых штаммов на национальном уровне, адаптированная под условия локального производства. Данная ситуация создает институциональный барьер для внедрения инновационных микробных решений и ставит российские пищевые компании в зависимость от внешних поставщиков сырья.*

Здесь необходимо показать, что заявленная проблема не просто научная, но и нормативная, институциональная, политико-технологическая, соответственно, чем шире ее последствия, тем убедительнее будет необходимость позиции.

3. Обоснование актуальности авторской позиции

Этот шаг формулирует интеллектуальный и практический пробел и одновременно объясняет, почему позиция автора уместна и необходима.

Например: *На сегодняшний день в российской нормативной системе отсутствует механизм валидации и цифровой прослеживаемости пробиотических штаммов, аналогичный QPS (EFSA) или GRAS (FDA), а также онтологическая база данных, позволяющая интеграцию с международными справочниками (например, NCBI BioSample или AgroVoc). Это делает невозможным признание отечественных ингредиентов за рубежом, препятствует участию в международных системах прослеживаемости и тормозит формирование национального реестра штаммов, доступных для пищевого применения.*

Автор отстраивает пространство, в котором его позиция будет звучать как логичное продолжение анализа, а не как произвольное мнение. В приведенном примере авторская позиция обосновывается как необходимое звено в преодолении нормативного и инфраструктурного отставания.

4. Формулировка цели и основной позиции

В завершение введения автор формулирует **цель статьи, основную позицию и структуру аргументации**. Данный компонент является обязательным, так как именно его наличие отличает статью-позицию от эссе или обзора.

Например: *Цель настоящей статьи — обосновать необходимость разработки национального регламента допуска, валидации и цифровой прослеживаемости пробиотических штаммов, предназначенных для употребления в пищу, с учетом международных стандартов (EFSA, Codex Alimentarius, ISO 22000) и современных требований к онтологической совместимости. В статье рассматриваются ограничения действующего регулирования, институциональные и технические риски его сохранения, а также предлагаются направления нормативной модернизации для интеграции российских решений в международную систему сертификации и пищевой безопасности.*

Приведенная в качестве примера формулировка задает читателю ожидания от дальнейшей структуры статьи. Уместны формулы типа «В статье рассматривается...», «Автор исходит из того, что...», «Предлагается...»... (Таблица 1).

Введение к статье-позиции должно не просто вводить в тему, а утверждать право автора на высказывание своей позиции, формировать ожидания у читателя

Таблица 1
Общие рекомендации по формулировкам блока
целеполагания
Table 1
General Recommendations for the Goals Setting Articulation

Риторическая функция	Типичные формулы
Обозначить тему	«В последние годы наблюдается рост интереса к...» «Одним из актуальных направлений становится...»
Проблематизировать	«Однако существующие подходы...» «При этом сохраняются серьезные ограничения, связанные с...»
Указать пробел	«На сегодняшний день отсутствует...» «Недостаточная проработанность вопроса...»
Сформулировать позицию	«Автор исходит из того, что...» «Настоящая статья направлена на...» «Предлагается рассмотреть/инициировать/пересмотреть...»

и демонстрировать осведомленность в проблематике. Именно поэтому в него необходимо включать:

- (1) актуальный и широкий контекст;
- (2) ясное обозначение структурной проблемы;
- (3) обоснование пробела в существующих подходах;
- (4) четкую формулировку цели и позиции автора.

Хорошо выстроенное введение работает как риторическая экспозиция, на которой строится вся дальнейшая аргументация статьи (Swales, 1991).

2. Контекст и обзор текущей ситуации

Раздел «Контекст и обзор текущей ситуации» (иногда называемый *State of the Art*) выполняет эпистемологическую функцию: он показывает, что автор владеет предметным полем, способен критически, но объективно изложить его текущее состояние, и, следовательно, обладает правом на интерпретацию и выдвижение позиции. И если во Введении выдвигается тезис о наличии структурной проблемы, то здесь автор не отстаивает позицию, а формирует фундамент, на котором она впоследствии будет утверждена.

Цели раздела:

- (1) описать нормативные, технические или профессиональные реалии, в которых существует рассматриваемая проблема;
- (2) указать международный контекст, а именно, какие подходы приняты в других странах, какие организации формируют повестку;

- (3) показать ограничения существующих решений без авторской интерпретации;
- (4) формировать интеллектуальное доверие (читатель должен почувствовать, что автор знает «все, что нужно знать», прежде чем делать выводы).

Раздел может быть логически разбит на три подблока:

1. Национальный контекст: предполагает описание действующих документов, практик, структуры. При его написании необходимо быть максимально конкретным — называть даты, указывать названия стандартов, ведомств, процедур.

Например: *В Российской Федерации использование пробиотических штаммов в пищевой промышленности регулируется совокупностью документов, среди которых ключевыми выступают СанПиН 2.3.2.1078–01, ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ГОСТ 33980–2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации». Вместе с тем, действующие регламенты не включают механизма предварительной квалификации штаммов по критериям биобезопасности, отсутствует реестр культур, допущенных к применению на основании научной оценки, и не предусмотрена система цифровой идентификации штаммов в цепочках поставок. Кроме того, нормативные акты не содержат требований к валидации происхождения микробных культур, используемых в производстве, что делает невозможной прослеживаемость их истории культивирования, методик консервации и условий транспортировки. Таким образом, даже при наличии официально утвержденного штамма, невозможно обеспечить его интеграцию в цифровые контуры контроля качества, соответствующие международным требованиям.*

Как видно из приведенного примера, при написании блока указывается не только статус-кво в проблемном поле, но и как именно это «работает», на каком правовом или практическом основании.

2. Международные практики: с опорой на источники и данные описываются подходы, реализованные в других странах или институциях. При написании данного блока уместно приводить сравнительные характеристики, но без оценочных суждений, кроме того, можно кратко указывать, какие задачи успешно решают данные системы.

Например: *В международной практике пробиотические культуры, предназначенные для употребления в пищу, подлежат многоуровневой оценке с акцентом на безопасность, функциональные свойства и прозрачность происхождения. В Европейском союзе действует система Qualified Presumption of Safety (QPS), разработанная*

EFSA, предполагающая экспертизу паспорта штамма по ряду критериев: геномная стабильность, отсутствие генов резистентности, технологическая применимость и история безопасного использования. Каждому одобренному штамму присваивается уникальный цифровой идентификатор, позволяющий его отслеживание через базы данных, такие как EFSA Microbial Safety Database и NCBI BioSample. В США реализуется режим Generally Recognized As Safe (GRAS), администрируемый FDA. В нем особое внимание уделяется научной обоснованности признания безопасности, верифицируемости источников культуры и доступности полной информации для экспертного сообщества. Ряд стран, включая Канаду, Японию и Южную Корею, также внедрили цифровые механизмы идентификации штаммов и поддерживают совместимость с международными онтологиями, такими как AgroVoc, FoodOn и BacDive. Это обеспечивает не только пищевую безопасность, но и технологическую совместимость в рамках трансграничного движения ингредиентов и сертификации.

3. Технические и методологические ограничения: данный блок может описывать известные проблемы, но не как аргументы, а как факты существующей практики. При этом важно указать, если какие-то системы формально существуют, но не работают на практике, почему это может происходить.

Например: Российская нормативная база сохраняет признаки концептуальной фрагментарности и методологической несогласованности. В частности, ГОСТ 33980–2016 не содержит положений о цифровой прослеживаемости штамма, его уникальной идентификации или верификации по биоинформатическим критериям. Отсутствуют и отсылки к международным справочникам, которые являются условием признания пробиотических ингредиентов в экспортных поставках. Не разработаны правила сопоставления между штаммами, зарегистрированными в России, и их международными аналогами. Это исключает возможность использования единого онтологического слоя при маркировке, регистрации и научной верификации пробиотических компонентов. Текущая система также не предусматривает формализованного паспорта штамма (*strain dossier*) с машинно-читаемыми данными, что существенно ограничивает возможности цифровой сертификации и участия в международных процедурах экспертной оценки. Наконец, отсутствует взаимодействие между национальными регламентами и стандартами ISO серии 22000, ISO 23418 и ISO 20387, что препятствует включению российской продукции в международные контуры качества, такие как GS1 Global Data Synchronisation Network (GDSN).

Такой блок подводит читателя к необходимости изменений, но пока не предлагает их, что позволяет сохра-

нить аналитическую нейтральность. В Таблице 2 приведены примеры риторических конструкций и их функции при написании данного раздела.

Таблица 2

Риторические приемы и формулировки для раздела контекст

Table 2

Rhetorical Devices and Speech Formulas for the Context Section

Функция	Риторические конструкции
Введение в контекст	«В настоящее время регулирование в данной сфере осуществляется на основании...» «Ключевыми документами выступают...»
Описание международной практики	«В странах ЕС используется модель...» «Согласно рекомендациям FAO/WHO...»
Указание на ограничения	«Тем не менее, действующая система...» «Однако существующие механизмы не охватывают...» «В практике остается нерешенной проблема...»

В этом разделе не нужно:

- (1) формулировать позицию автора («следует отметить», «необходимо срочно...»), так как это задача следующих разделов;
- (2) давать эмоциональные оценки («катастрофическое отставание», «недопустимая ситуация»);
- (3) повторять введение: вместо этого нужно развивать фактическую и институциональную базу для будущей аргументации.

Раздел «Контекст и обзор текущей ситуации» является основанием, на котором держится убеждающая сила всей статьи-позиции. Его задача состоит не в убеждении, а информировании. Однако сделать это необходимо настолько ясно и точно, чтобы последующие предложения и позиция автора выглядели логичным продолжением, а не субъективным мнением. Как отмечает Hyland (2005), именно демонстрация экспертного владения предметным полем делает высказывание автора авторитетным, даже до начала прямой аргументации. Этот раздел дает автору возможность доказать собственную компетентность не через декларации, а через знание, точность и объективность.

3. Аргументация позиции

Раздел «Аргументация позиции» в статье-позиции является ядром авторского высказывания, где логически и доказательно формулируется основная мысль: что именно должно быть изменено и почему. В отли-

чие от теоретической статьи данный раздел не просто анализирует или описывает, а обосновывает позицию: через факты, интерпретацию, сравнение и авторскую логику. Его задача заключается в том, чтобы перевести констатацию проблемы из раздела «Контекст» в обоснованное требование к действию.

Основная цель раздела:

- (1) убедительно показать, почему существующая ситуация неприемлема или требует пересмотра;
- (2) обосновать, почему предложенное автором направление изменений оправдано, обосновано и реалистично;
- (3) Предвосхитить возможные возражения или альтернативные точки зрения, и объяснить, почему авторская трактовка предпочтительнее.

Раздел должен быть последовательно выстроен, лучше всего — в виде цепочки из 3–5 логически связанных подблоков, каждый из которых вносит вклад в авторскую позицию. Например:

1. Формулировка основной проблемы в контексте несоответствия, в которой аргумент представлен как разрыв между текущими стандартами/практиками и требованиями современной среды.

Пример: Формально в России существует стандарт ГОСТ Р 56145–2014, определяющий общие положения в отношении пробиотических микроорганизмов. Однако в нем отсутствуют требования к уникальной идентификации штамма, механизмы отслеживания его производственной и логистической истории, а также критерии совместимости с цифровыми системами международной сертификации. При этом современная пищевая промышленность функционирует в условиях цифровой трансформации, предполагающей прослеживаемость ингредиентов от ферментатора до упаковки. Таким образом, текущая нормативная база оказывается не просто устаревшей, но и функционально неспособной обеспечить соответствие ключевым регуляторным принципам XXI века — прозрачности, машиночитаемости и экспортной пригодности.

В таком контексте лучше опираться на разницу между нормативной буквой и фактическими требованиями среды.

2. Сравнительный анализ с международной практикой проводится с опорой на документы и источники, при этом в фокусе находятся примеры, где аналогичная проблема уже решена или решается иначе.

Пример: В ЕС и США функционируют механизмы предварительной квалификации пробиотических штаммов — QPS (EFSA) и GRAS (FDA), которые требуют предо-

ставления подробного паспорта штамма, включающего происхождение, генетические характеристики, историю безопасного применения, а также интеграцию в биоинформатические базы данных (например, NCBI BioSample, EFSA Compendium). В дополнение, системы ISO 22000, ISO 20387 и Codex Alimentarius (CAC/GL 88–2016) устанавливают жесткие требования к цифровой идентификации и прослеживаемости штаммов, особенно при трансграничной торговле.

Российская система не содержит сопоставимых механизмов и не сопряжена с международными онтологиями (AgroVoc, FoodOn, BacDive), что делает невозможным включение отечественных пробиотиков в глобальные регистры и каталоги. Это формирует «нормативную изоляцию» и препятствует даже потенциальному участию в международных системах оценки, обмена и сертификации биотехнологической продукции.

3. Технический или системный анализ (в чем именно ограниченность текущей модели) требует более глубокой аргументации — вы объясняете, почему текущие подходы не работают (технически, логически, институционально).

Пример: Даже при наличии нормативных актов, их применение не адаптировано к современной производственной практике. ГОСТ Р 56145–2014 не устанавливает обязательств по регистрации штамма в международных депозитариях или указания референтной культуры при маркировке. Нет требований к биоинформатической верификации последовательностей ДНК или включения цифровых идентификаторов (DOI, UUID, BioSample ID). Это делает невозможным сопоставление штаммов, полученных в разных институтах, и исключает возможность автоматизированного мониторинга по принципам HACCP и ISO 22000. В условиях цифровой экономики это означает утрату технологической управляемости и невозможность автоматизированной валидации пищевой продукции, содержащей пробиотики.

Аргументы этого уровня важны для читателей-экспертов, именно при их помощи автор доказывает свою научную состоятельность.

4. Институциональные или практические следствия (чем это грозит / чего не позволяет достичь) показывают связь технического разрыва с практическими последствиями: это могут быть экспортные барьеры, низкая достоверность маркировки, утрата доверия и т.д.

Пример: Невозможность подтверждения происхождения, идентичности и безопасности пробиотических ингредиентов в цифровой форме делает российскую продукцию неконкурентоспособной на международном рынке. Российские компании не могут подать заявки

на включение своих штаммов в QPS/GRAS, поскольку отсутствуют стандартизированные процедуры сбора и представления данных. Это не только закрывает экспортные каналы, но и снижает доверие к российским пищевым продуктам внутри страны, так как механизмы контроля и гарантии безопасности остаются непрозрачными. Особенно критично это в условиях роста потребительского спроса на продукты функционального питания, где пробиотики выступают ключевым фактором добавленной стоимости.

Опирается можно и на «социальный аргумент», например, снижение безопасности, ухудшение условий для потребителей и бизнеса, правовая неясность.

5. Формулировка вывода: тезис позиции = необходимо искать решение. Завершение этого раздела подразумевает не обзор, а утверждение: В данной ситуации необходимо.... Следовательно, данный вывод не должен дублировать рекомендации, а обобщать и показывать, к какому выводу автор пришел как эксперт. В Таблице 3 представлены формулировки, которые помогут усилить аргументацию.

Пример: Таким образом, текущая нормативная модель регулирования пробиотических штаммов в России не обеспечивает ни научной верифицируемости, ни цифровой прослеживаемости, ни возможности международной интеграции. Она отстает от глобальных тенденций как по содержанию, так и по структуре, тем самым создавая системный барьер для развития отечественной биотехнологии, инноваций в пищевой отрасли и повышения национальной продовольственной безопасности. В этих условиях требуется не фрагментарная корректировка существующих актов, а стратегическое нормативное обновление на основе международных стандартов и цифровых решений.

Таблица 3

Формулировки, усиливающие аргументацию автора статьи-позиции

Table 3

Speech Formulas that Strengthen the Argumentation of the Author of the Position Paper

Функция	Примеры конструкций
Указание на противоречие	«Несмотря на формальное наличие стандарта..., он не учитывает...» «В отличие от стран ЕС, где применяется..., в РФ отсутствует...»
Аргументация через следствие	«Это приводит к...», «Следствием является...», «В результате...»
Утверждение логического вывода	«Таким образом, представляется необходимым...», «Из вышеизложенного следует...»

Раздел аргументации в статье-позиции является центром тяжести всего текста. Он требует логической стройности; точности терминов; доказательной базы (ссылки, данные, стандарты); умения показать связь между частным и системным. Как подчеркивает Toulmin (2003) в своей модели аргументации, качество убеждения определяется не только аргументами, но и тем, насколько они встроены в контекст и предполагаемую оппозицию. Хорошая статья-позиция не только формулирует мнение, но и показывает, почему его невозможно игнорировать.

4. Методологический разрыв / вызовы / риски

Раздел «Методологический разрыв / вызовы / риски» играет ключевую переходную роль в структуре статьи-позиции. Он является завершением аналитической части, а его задача — подготовить читателя к восприятию авторских предложений, а именно в изменении политики в отношении анализируемой проблематики. Этот раздел выполняет функцию риторического поворота от доказательств к действию, от описания состояния к обоснованию необходимости реформ.

Цели раздела:

- (1) обобщить выявленные ранее противоречия между нормативной базой и реальной практикой;
- (2) показать, что проблема не сводится к отдельным пробелам, а носит системный, методологический характер;
- (3) указать на риски сохранения статус-кво и последствия нормативной инерции;
- (4) создать риторический мост к следующему разделу — рекомендациям от автора статьи-позиции.

Раздел должен быть разбит на подблоки, каждый из которых раскрывает один тип вызова:

(1) Совместимость и интероперабельность, который должен показать, что существующая нормативная система не позволяет интегрироваться в международные инфраструктуры.

Пример: Современные международные инфраструктуры в области продовольственной безопасности и цифровой прослеживаемости (такие как EFSA Compendium, FoodOn, GS1 GDSN, AgroVoc) опираются на машиночитаемые форматы представления информации, включая SKOS, RDF и OWL. В российской нормативной системе такие форматы отсутствуют. Например, ГОСТ Р 56145–2014, касающийся пробиотических микроорганизмов, не предусматривает структурированного описания штаммов с использованием цифровых идентификаторов или семантической аннотации. Это делает невоз-

можной автоматическую интеграцию данных о пробиотиках в международные регистры, блокируя экспортный потенциал отечественной продукции.

Отсутствие поддержки таких решений приводит к тому, что даже при наличии научных доказательств безопасности и эффективности штамма, его невозможно верифицировать в международных системах. В результате российские производители теряют доступ к ключевым рынкам и программам взаимного признания.

Важно давать конкретные примеры, где именно невозможна интеграция (в области цифровых библиотек, ИБС, стандартов в пищевой промышленности и т.п.).

2. Цифровой разрыв свидетельствует, что нормативная база устарела концептуально и не отвечает логике цифровых экосистем.

Пример: Действующая нормативная архитектура была сформирована в логике бумажных паспортов, ручной сертификации и линейной логистики. Она не учитывает требований цифровых платформ, мультиканальных цепей поставок и автоматизированной документации. Например, отсутствует возможность использования API для передачи данных о штаммах, нет требований к формату JSON-LD или кросс-сопоставления с международными базами данных (например, NCBI, BacDive). Кроме того, в российских нормативных документах отсутствует концептуальное различие между термином и понятием, в то время как международные онтологии оперируют именно понятиями, привязанными к уникальным URIs. Это исключает возможность смыслового сопоставления информации о пробиотиках и делает невозможной интеграцию отечественных ресурсов в семантические сети.

Можно упомянуть и технические ограничения: невозможность встраивания в API, отсутствие поддержки JSON-LD, закрытость форматов.

3. Нормативные лакуны показывают, чего вообще нет в российской нормативной системе (например, мультязычная поддержка, онтологическая связность, форматы валидации, цифровые идентификаторы и т.п.). Важно показать, что такие лакуны влияют не только на библиотеки, но и на науку, экспорт, образование, техноплатформы.

Пример: Российское регулирование не содержит положений о многоязычии, цифровой идентификации, онтологической связности и структурированной валидации микробных культур. ГОСТ Р 56145–2014 не включает требований к отслеживанию происхождения и цепочки культивирования штамма. Также отсутствуют положения о кодификации штаммов по международным

реестрам (например, ATCC, DSMZ) или обязательной регистрации биоинформатических профилей. Это затрудняет создание сопоставимых и доверенных досье штамма, препятствует оценке рисков и исключает участие российских разработок в международных процедурах предварительной квалификации (QPS, GRAS). Данные лакуны не только снижают уровень нормативного контроля, но и ведут к невосприимчивости отечественных биотехнологий на внешнем рынке.

4. Методологическая несогласованность показывает, что разные части системы стандартизации противоречат друг другу или ориентированы на несовместимые основания. В данном случае можно апеллировать к понятию «регуляторного тумана», то есть ситуации, когда разработчики не понимают, каким стандартам следовать.

Пример: Внутренняя структура российских нормативных документов характеризуется логической нестыковкой. ГОСТ 7.0.91–2015 адаптирует отдельные элементы ISO 25964 (в частности, требования к структурированным индексам), но при этом другие действующие стандарты (например, ГОСТ 7.24–80) по-прежнему опираются на отмененный ISO 2788. В результате возникает методологическая фрагментация: при построении тезаурусов и лексических ресурсов возможны разнонаправленные требования, несовместимые модели данных и принципиально разные подходы к структуре описания. Эта несогласованность формирует «регуляторный туман», при котором разработчики нормативных актов, лабораторий и производств не могут однозначно определить, каким стандартам следует соответствовать. Отсутствие единой методологической рамки снижает воспроизводимость решений и подрывает доверие к нормативной системе.

5. Риски инерции должны показать, чем грозит отсутствие реформ, например, утратой экспортной совместимости, невозможностью верификации, снижением доверия, блокировкой цифрового развития.

Пример: Сохранение существующей нормативной архитектуры в текущем виде угрожает не только стагнацией отрасли, но и потерей международного доверия. Без механизмов цифровой верификации, сопоставления и сертификации невозможно обеспечить прозрачность происхождения пробиотических ингредиентов. Это ведет к невозможности встраивания российских решений в международные цепочки поставок, снижает экспортный потенциал и формирует барьеры для участия в глобальных исследовательских и производственных кооперациях. Кроме того, в условиях усиления регуляторных требований (например, внедрения цифровой маркировки и электронной сертификации в ЕС и Китае) российские производители рискуют оказаться вне

технологической повестки, что может привести к вытеснению отечественной продукции с перспективных рынков.

Описанное в примере завершение раздела показывает актуальность поставленного вопроса: если не менять сейчас, то какие будут последствия?

Ключевые функции раздела «Методологический разрыв / вызовы / риски»:

- (1) основная задача — обобщение, а не повторение;
- (2) он фиксирует структурные проблемы, а не их частные проявления;
- (3) готовит читателя к восприятию активных мер, вытекающих из логики проблемы;
- (4) он показывает необходимость системной реформы, а не локальную корректировку.

Убедительность статьи-позиции и весомость рекомендаций подкрепляется релевантной структурой данного раздела.

5. Рекомендации по реформированию / улучшению ситуации

Задача данного блока, который считается кульминационным в статье-позиции, состоит в трансформировании обнаруженных противоречий и рисков в конкретные, выполнимые и логически обоснованные меры. Соответственно, эффективность текста будет обусловлена содержанием рекомендаций, включая их структурную ясность, релевантность ранее описанным вызовам, а также нормативную реалистичность предложенных решений.

Раздел выполняет несколько ключевых функций:

- (1) нормативно-практическая: предлагает конкретные шаги по изменению действующей ситуации;
- (2) рационализирующая: показывает, что предложенные меры логически следуют из ранее обоснованных проблем;
- (3) стратегическая: формирует дорожную карту или направления реформ, которые можно реализовывать поэтапно;
- (4) интегративная: позволяет увязать российский контекст с международными инициативами и стандартами.

Однако, эффективнее делить меры по уровням воздействия, например, нормативные, институциональные и технологические. Такой подход не только делает структуру прозрачной, но и позволяет читателю-эксперту быстро соотнести предложения с зоной своей компетенции.

Например,

Подраздел Нормативные меры может дальше подразделяться на подтемы:

1. Пересмотр и обновление ключевых нормативных актов, регулирующих использование пробиотических штаммов в пищевой промышленности, с учетом принципов цифровой прослеживаемости, многоязычной идентификации и биологической безопасности.
2. Отмена или ревизия нормативных актов, основанных на устаревших международных документах, таких как ГОСТ 7.24–80 (основан на ISO 2788, который был заменен на ISO 25964 в 2011 г.), и синхронизация национальной нормативной базы с ISO 25964 и Codex Alimentarius.
3. Разработка нового национального регламента.

Каждая подтема должна содержать аргумент. Например, для Темы 1 (Пересмотр и обновление ключевых нормативных актов) может быть предложен следующий аргумент: Действующий ГОСТ Р 56145–2014 не включает положения о цифровом паспорте штамма, его биоинформатических идентификаторах (например, из NCBI Taxonomy, BacDive, DSMZ) и истории культивирования. Отсутствие этих требований делает невозможным сопоставление российских штаммов с международными протоколами (EFSA QPS, FDA GRAS) и исключает включение продукции в системы взаимного признания.

Следующий подраздел Институциональные меры может дальше подразделяться на подтемы, сопровождающиеся аргументом:

1. Создание межведомственной рабочей группы при Росстандарте и Роспотребнадзоре, с участием представителей научных институтов, отраслевых союзов и биотехнологических компаний, для координации разработки новых нормативов.
2. Инициирование включения российских специалистов в международные группы по стандартизации пробиотиков, включая рабочие группы ISO TC 34 / SC 9 и Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CCNFSDU).
3. Введение программ повышения квалификации и сертификации для экспертов по цифровой верификации штаммов, аналогичных европейским программам по биобезопасности (например, EFSA Training Platform).

Подраздел Технологические меры также может подразделяться на подтемы, каждая из которых должна содержать аргумент:

1. Разработка национальной цифровой платформы для верификации пробиотических штаммов.
2. Поддержка форматов SKOS/RDF и внедрение семантической модели описания штаммов, в том числе для построения тезаурусов, классификаторов и ре-

стров, пригодных для автоматизированного обмена информацией.

3. Проведение пилотных проектов по созданию «умных» пищевых цепей, где штаммы сопровождаются уникальными идентификаторами, отслеживаются с помощью цифровых репозиториях и могут быть верифицированы через блокчейн или иные технологии.

Заключение раздела может выглядеть следующим образом: Предложенные меры формируют комплексный и выполнимый вектор реформирования нормативной среды, необходимый для легитимного и технологически устойчивого использования пробиотических штаммов в пищевой промышленности. Только системное сочетание нормативных, институциональных и технологических шагов позволит России не только устранить внутренние противоречия, но и занять достойное место в глобальной системе биотехнологического регулирования и продовольственной безопасности.

6. Заключение: риторическая рамка

В статье-позиции заключение выполняет рефлексивную функцию. Оно не повторяет аргументы, а подводит содержательный, стратегический и этический итог. В задачи исследования входит показать, почему предложенные меры важны, что будет, если их не принять, и к чему могут привести реформы с фокусом на их эффект. Этот раздел укрепляет читательское доверие и призывает к системному переосмыслению политики.

На основе этого можно выделить необходимые элементы риторической структуры заключения: (1) краткое обобщение зафиксированной в статье структурной проблемы; (2) описание последствий нормативной инерции, а именно стратегической, а не технической угрозы; (3) акцентирование на ценности реформ, причем не только с точки зрения конкретной отрасли, но и, например, с позиций науки, экспортной стратегии, цифрового суверенитета; (4) объяснение, почему действовать нужно сейчас; а также (5) необходимо закончить текст, используя активный залог, так как он является важным элементом убедительного научного дискурса.

Например: Современное состояние нормативной среды, регулирующей использование пробиотических штаммов в пищевой промышленности России, не отвечает требованиям ни цифровой трансформации, ни международной совместимости. Существующие стандарты и регламенты фрагментарны, ориентированы на устаревшие концепции безопасности, не включают механизмы цифровой идентификации, верификации и трансграничной сопоставимости данных о штаммах. Это препятствует интеграции отечественных решений в глобальные рынки, блокирует научно-технологический трансфер и сдерживает разви-

тие инновационного сегмента пищевой промышленности. Продолжение нормативной инерции в этой сфере грозит не только утратой экспортного потенциала, но и институциональной маргинализацией российского подхода в глобальной системе продовольственной безопасности. Цифровая прослеживаемость и семантическая интероперабельность становятся не опциями, а необходимыми условиями международного признания. Без их внедрения российская пищевая биотехнология останется вне транснациональных систем маркировки, сертификации и регуляторного доверия.

Предложенные в статье меры направлены на формирование нового нормативного ландшафта, в котором цифровая инфраструктура будет встроена в практику биологической сертификации с самого начала. Это обеспечит не только соответствие международным требованиям (EFSA, Codex Alimentarius, ISO), но и укрепит научную основу регулирования, снизит барьеры для отечественных разработок и повысит доверие к российской продукции. Сегодняшний момент — это окно возможностей, в рамках которого возможно запустить глубокую реформу, синхронизированную с глобальной повесткой и локальными потребностями. Ожидание или частичные меры не дадут эффекта: только системный пересмотр нормативной архитектуры позволит России выйти из режима догоняющего игрока и занять проактивную позицию в формировании стандартов будущего. Пора выйти за рамки консервации нормативных реликтов и перейти к модели «умного регулирования», основанной на данных, прослеживаемости, цифровых онтологиях и глобальной совместимости. Эта трансформация — не только техническая задача, но и политико-научная ответственность, от которой зависит качество и признание российского вклада в устойчивое продовольственное развитие.

Рекомендации авторам по подготовке рукописи статьи-позиции

Следует помнить, что статья-позиция не является призывом или исследовательской статьей в классическом смысле. Данный жанр научной коммуникации предполагает определенную, четко обозначенную авторскую позицию, которая основывается на анализе текущей ситуации и имеет определенного адресата, например, профессиональному сообществу, нормативным органам, методистам, политикам. Чтобы такая статья была эффективной и ценной для публикации, необходимо соблюдать следующие методологические и риторические принципы:

- (1) Выбирайте проблему, способную вызвать профессиональный отклик.

Хорошая тема для статьи-позиции, это системная, еще не решенная или противоречивая проблема, касающаяся

стандартов, нормативной политики, прослеживаемости, сертификации, цифровых систем в профессиональной сфере. Статья должна быть адресована органам регулирования, разработчикам стандартов, исследователям в области политики, нормативов, технологий.

Чтобы избежать абстрактных тем, важно выбирать конкретный аспект с явными последствиями институционального характера и последствиями в сфере правового регулирования (например, «Отсутствие национального реестра пробиотических штаммов с цифровой идентификацией»).

- (2) Демонстрируйте глубокое знание нормативной базы и терминологии.

Статья-позиция является жанром нормативно-ориентированной аналитики. Текст должен показать, что автор хорошо ориентируется в правовых и технических актах (ГОСТ, ISO, Codex Alimentarius и др.); понимает логику и терминологию регламентов; способен интерпретировать и соотносить нормативные документы. Поэтому необходимым будет указывать конкретные стандарты и даты (например, «ГОСТ 33980–2016», «ISO 22000:2018»), а не заменять их общими словами («действующие нормы», «зарубежные практики»).

- (3) Разграничивайте анализ, позицию и рекомендации.

Важно строго придерживаться риторической последовательности: начинать нужно с контекста и постановки проблемы, затем необходимо аргументировать позицию, после чего проводится анализ рисков и вызовов, и только в конце — приводятся рекомендации.

Чтобы не снижать убедительность, не следует в разделы анализа включать предложения или призывы, так как рекомендации должны быть представлены как логический вывод из доказательств и не предшествовать им.

- (4) Используйте четкую структурную разметку текста.

Разделы и подзаголовки в качественной статье-позиции не являются формальностью, они являются отражением риторической логики. Отсюда важна функциональность каждого подзаголовка, например, он может обозначать шаг аргументации или тип вызова (как например, *Цифровой разрыв*, *Интероперабельность и прослеживаемость*, *Нормативные лакуны*)

- (5) Избегайте декларативности: все описанное в статье должно быть либо обосновано, либо подтверждено.

В статье-позиции, которая представляет собой не мнение автора, а именно доказательную позицию, каждый тезис должен опираться на источник (документ,

стандарт, исследование) или же логически выводиться из анализа. Общепринято использование связей типа «на основании данных...», «как следует из положений ISO...», «в соответствии с...», «что подтверждается...».

- (6) Показывайте международный контекст, но с опорой на национальную специфику.

Жанр статья-позиция ценится за способность автора соотносить российскую практику с международной, выявлять разрывы и предлагать решения. Поэтому, чтобы придать статье масштаб и убедительность, при упоминании международных механизмов и стандартов (QPS, GRAS, ISO, EFSA), рекомендуется сравнивать их с российскими (СанПиН, ГОСТ, МУК и др.),

- (7) Соблюдайте научный стиль с элементами персональной позиции.

Статья-позиция, как жанр научной коммуникации, допускает авторский акцент, но только на фоне строгого и аналитического стиля. Текст не должен быть эмоционально окрашен, но должен быть точным, аналитическим, умеренно экспрессивным (для усиления функции убеждения), но не публицистическим. Рекомендуется использовать выражения «в настоящей статье утверждается, что...», «необходимость реформ следует из...», «автор исходит из...». Следует избегать общих фраз «всем давно известно» или «на мой взгляд».

- (8) Сформулируйте рекомендации как реалистичные меры, а не как желания.

Не следует использовать лозунги и призывы, такие как «необходимо все изменить» или «надо срочно реформировать отрасль». Каждое предложение должно быть логически связано с предыдущим разделом. Поэтому логичным видится разбивать рекомендации по категориям.

Не путать, или чем статья-позиция отличается от статьи-мнения и статьи-перспективы

На первый взгляд суть всех трех названных жанров статей может показаться похожей, так как они все выражают авторскую точку зрения. Однако в академическом контексте это три различных жанра научной коммуникации. Их отличают цели, структура, способ аргументации и риторические функции (Таблица 4).

Статья-позиция

Статья-позиция призвана обосновать необходимость конкретных реформ, изменений или решений в нормативной, институциональной или технической сфере. Она

Таблица 4
Сравнение статьи-позиции со статьей мнением и статьей-перспективой
Table 4
Comparison of a Position Article with an Opinion Article and a Perspective Article

Жанр	Цель	Опора на анализ	Предлагает решения	Позиция автора
Position paper	Обосновать реформу	Да	Да	Вывод из анализа
Opinion article	Выразить мнение	Необязательно	Необязательно	Прямая декларация
Perspective	Открыть новые горизонты мышления	Частично	Иногда	Теоретическая ориентация

требует строгой аргументации и доказательной базы. Чаще всего такие статьи ориентированы на профессиональные сообщества, нормативные органы, эксперты, разработчики политики.

- Характерные особенности:
1. Опора на фактический и нормативный анализ;
 2. Сравнение с международной практикой;
 3. Структурированность: введение → контекст → аргументация → риски → рекомендации;
 4. Обязательное наличие policy-relevant предложений;
 5. Позиция вытекает из логики анализа, а не просто заявляется.

Пример темы: *Необходимость внедрения национального механизма цифровой сертификации пробиотических штаммов в пищевой промышленности в соответствии с требованиями EFSA и Codex Alimentarius.*

Статья-мнение (*Opinion article*)

Этот жанр призван выразить авторское мнение по актуальному вопросу, не обязательно подкрепленное системным анализом, и нередко сопровождающееся критикой (Косычева & Тихонова, 2021). Отсюда, его ключевой чертой является субъективность и краткость, а аудиторией выступает широкий академический круг.

- Характерные особенности:
1. Часто публикуется как реакция на недавние публикации, события или дискуссии;
 2. Может опираться на личный опыт, интуицию, наблюдения;
 3. Меньше требований к структуре и доказательности;
 4. Не обязательно предлагает решения, скорее — выражает позицию или критику.

Пример темы: *Почему Россия рискует потерять лидерство в производстве функционального питания.*

Статья-перспектива (*Perspective paper*)

Статья перспектива стремится открыть новый ракурс или направление мышления в научной или прикладной области (Тихонова & Шленская, 2022), при этом анализируя новые идеи и концепции. Ее ключевыми чертами выступает прогностичность и концептуальность, она предлагает идеи по переосмыслению существующих концепций, предлагает альтернативные или новаторские направления исследований (de Jong et al., 2017; Destexhe & Victor, 2021). Адресуется этот жанр научному сообществу в целом.

- Характерные особенности:
1. Фокус на тенденциях, будущих вызовах, методологических сдвигах;
 2. Может быть более спекулятивной и концептуальной;
 3. Часто инициирует научную дискуссию или новую повестку;
 4. Может сочетать элементы обзора и гипотезы.

Пример темы: *Пробиотики следующего поколения: как биоинформатика меняет картину безопасности пищевых продуктов.*

Если автор ставит своей целью повлиять на нормативные или политические решения, сформировать направление развития и подкрепить это доказательной базой, то в данном случае жанр *статьи-позиции* является наиболее подходящим. Он требует высокой риторической дисциплины, профессионального владения предметным полем и умения аргументировать необходимость реформ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статья-позиция занимает особое место в научной коммуникации как жанр, в котором автор не только демонстрирует владение предметным полем, но и формулирует содержательные предложения, направленные на его

развитие или реформу. В отличие от аналитических обзоров и теоретических статей, статья-позиция фокусируется не только на знании, но и предполагает аргументированное, адресное, структурированное действие. Эффективная статья-позиция предполагает строгую риторическую организацию, при которой каждое суждение должно быть логическим, подтверждаться источниками и встраиваться в последовательную цепочку рассуждений. При этом важно сохранять баланс между научной аналитикой и практической направленностью, научный текст должен представлять собой описание ситуации, ведущее к обоснованию позиции, или же анализ проблемы, который приведет к предложению конкретных решений.

В условиях нормативной нестабильности, стремительной цифровизации и усиления транснационального регулирования, научное сообщество все чаще становится участником экспертных дискуссий за пределами академии. В этой ситуации жанр статьи-позиции открывает возможность для конструктивного влияния на формирование политики, стандартов и профессиональных практик. Освоение этого жанра требует не только стилистической грамотности, но и понимания своей профессиональной роли: как исследователя, аналитика, и, в то же время, ответственного участника дискуссии о будущем. Статья-позиция — это высказывание, за которым стоит не только знание, но и убеждение. Именно поэтому она должна быть точной, ясной и по-настоящему необходимой.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Косычева, М. А., & Тихонова, Е. В. (2021). Статья-мнение: методология и значимость. *Health, Food & Biotechnology*, 3(2), 7–17. <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i2.s121>
- Kosycheva, M. A., & Tikhonova, E. V. (2021). Opinion Paper: Methodology and Significance. *Health, Food & Biotechnology*, 3(2), 7–17. <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i2.s121> (In Russ.)
- Тихонова, Е. В., & Шленская, Н. М. (2022). Жанр "perspective paper" как вид публикации в научном журнале. Хранение и переработка сельхозсырья, (1), 10–17. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.322>
- Tikhonova, E. V., & Shlenskaya, N. M. (2022). Genre "perspective paper" as a type of publication in a scientific journal. *Storage and Processing of Farm Products*, (1), 10–17. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.322> (In Russ.)
- Тихонова, Е. В., & Шленская, Н. М. (2022а). Краткие сообщения (short communications): структурирование и значимость в контексте научной коммуникации. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 8–19. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.351>
- Tikhonova, E. V., & Shlenskaya, N. M. (2022). Short communications: structuring and significance in the context of scientific communication. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 8–19. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.351>
- Aalbersberg, I. J., Atzeni, S., Koers, H., Specker, B., & Zudilova-Seinstra, E. (2014). Bringing digital science deep inside the scientific article: The Elsevier article of the future project. *LIBER Quarterly: The Journal of the Association of European Research Libraries*, 23(4), 274–299.
- Collins, K., Shiffman, D., & Rock, J. (2016). How are scientists using social media in the workplace? *PLOS ONE*, 11(10), e0162680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162680>
- De Jong, A., Decker, S., Colli, A., Fernández Pérez, P., Rollings, N., Stokes, R. (2017) Perspectives articles for Business History. *Business History*, 59(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/00076791.2017.1254935>
- Destexhe, A., Victor, J. D. (2021). Editorial: New article type "perspective". *Journal of Computational Neuroscience*, 49, 69. <https://doi.org/10.1007/s10827-021-00781-w>
- Hara, N., Abbazio, J., & Perkins, K. (2019). An emerging form of public engagement with science: Ask Me Anything (AMA) sessions on Reddit r/science. *PLOS ONE*, 14(5), e0216789. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216789>
- Hyland, K. (2005). Stance and engagement: a model of interaction in academic discourse. *Discourse Studies*, 7(2), 173–192. <https://doi.org/10.1177/1461445605050365>
- Ledgerwood, A., & Sherman, J. W. (2012). Short, sweet, and problematic? The rise of the short report in psychological science. *Perspectives on Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science*, 7(1), 60–66. <https://doi.org/10.1177/1745691611427304>

- Mukherjee, B. (2010). Changing scenario of scholarly communication: Journals, e-journals and open access journals. *Scholarly Communication in Library and Information Services*, 1–37. <https://doi.org/10.1016/b978-1-84334-626-5.50001-x>
- National Model United Nations (NMUN) (2021). *Position paper guide*.
- Osman, W. (2018). Hyland's model of argument in ESL writers essay. In *15th Asia TEFL and 64th TEFLIN International Conference on English Language Teaching* (pp. 1–15).
- Pérez-Llantada, C. (2021). Genres and languages in science communication: The multiple dimensions of the science-policy interface. *Language & Communication*, 78, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.langcom.2021.02.004>
- Piwowar, H. (2013). Value all research products. *Nature*, 493(7431), 159–159. <https://doi.org/10.1038/493159a>
- Söderström, B. (2013). Perspective articles and special issues in AMBIO. *AMBIO*, 42, 1–2. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0364-4>
- Swales, J. M. (1990). *Genre analysis: English in academic and research settings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Swales, J. M. (2004). *Research genres: Explorations and applications*. Cambridge University Press.
- Toulmin, S. (2003). *The Uses of Argument* (Updated ed.). Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s254>

Влияние микробиоты кишечника на развитие шизофрении. Пути фармакологической коррекции (систематический обзор предметного поля)

Л. Х. Абдуллина, А.А. Мосина, Ю.А. Сорокина, Е.П. Струева

Приволжский исследовательский медицинский университет (ПИМУ), Нижний Новгород, Россия

Корреспонденция:

Мосина Анна Алексеевна,
ПИМУ, 603950, Россия,
Нижний Новгород, пл. Минина
и Пожарского, д. 10/1
E-mail: anna.mosina.99@bk.ru

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 31.01.2025

Поступила после

рецензирования: 10.05.2025

Принята: 30.06.2025

Copyright: © 2025 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. На развитие шизофрении значительное влияние оказывает состав и качество микрофлоры кишечника. Обобщение знаний о природе заболевания позволяет определить новые эффективные методы лечения психических расстройств путем коррекции микробиоты пациента.

Цель статьи провести критический анализ, систематизацию и обобщение результатов научных исследований, связанных с изучением влияния микробиоты человека на развитие шизофрении, а также способами фармакологической коррекции заболевания.

Материалы и методы. Обзор включает в себя как российские, так и иностранные публикации, вышедшие на русском и английском языках с 2019 по 2025 годы. Для поиска зарубежных научных работ использовались базы данных eLibrary, Cyberleninka, Scopus и Web of Science. В исследовании была проанализирована 91 статья.

Результаты. Микробиота, находясь в симбиотических отношениях с организмом, поддерживает его гомеостаз. Исследования показали, что состав и качество микрофлоры кишечника у здоровых индивидуумов значительно отличаются от пациентов, страдающих шизофренией. Это подчеркивает необходимость поддержания нормального уровня альфа-разнообразия микробиоты. Влияние микрофлоры на развитие шизофрении объясняется существованием оси микробиота-кишечник-мозг. Ряд бактерий производит нейротрансмиттеры, относящиеся к глутаматергической системе головного мозга, которые играют значительную роль в патогенезе шизофренических расстройств. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что изменение состава микробиоты может активировать глутаматергическую гиподисфункцию. Препаратами первого выбора при лечении шизофрении являются антипсихотические лекарственные средства (ЛС), или нейролептики. Однако они вызывают большое количество побочных эффектов, включая расстройства желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), наблюдаемые в 1,5–60 % случаев. Это делает актуальной задачу оптимизации фармакотерапии шизофрении с учетом коррекции микробиоты пациента. В последних рекомендациях предлагается назначение психобиотиков — комбинации пробиотиков и пребиотиков, которые способствуют улучшению терапевтического эффекта медикаментов для лечения психических заболеваний, обогащая микрофлору кишечника.

Выводы. Шизофрения требует комплексного подхода к терапии. Исследования показывают связь между составом кишечной микрофлоры и развитием данного заболевания. Это открывает новые стратегии для диагностики и фармакотерапии шизофрении. Учитывая ее связь с осью микробиота-кишечник-мозг, важно исследовать про- и пребиотические добавки. Они могут снизить побочные эффекты нейролептиков и нормализовать состав кишечной микрофлоры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

шизофрения, микробиота, антипсихотики, нейролептики, психобиотики, глутаматергическая система, NMDA-рецептор

Для цитирования: Абдуллина, Л. Х., Мосина, А. А., Сорокина, Ю. А., & Струева, Е. П. (2025). Влияние микробиоты кишечника на развитие шизофрении. Пути фармакологической коррекции (обзор предметного поля). *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 21–30. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s254>



<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s254>

The Influence of Gut Microbiota on the Development of Schizophrenia. Ways of Pharmacological Correction (Systematic Scoping Review)

Lilia Kh. Abdullina, Anna A. Mosina, Yulia A. Sorokina, Elena P. Strueva

Privolzhsky Research Medical University (PIMU), Nizhny Novgorod, Russia

Correspondence:

Anna A. Mosina,
PIMU, 10/1, Minin and Pozharsky sq.,
Nizhny Novgorod, 603950, Russia
E-mail: anna.mosina.99@bk.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 31.01.2025

Received in revised form: 10.05.2025

Accepted: 30.06.2025

Copyright: © 2025 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The development of schizophrenia is significantly influenced by the composition and quality of the intestinal microflora. Generalization of knowledge about the nature of the disease allows to define new effective methods of treatment of mental disorders by correcting the patient's microbiota.

Purpose. The purpose of the article is to analyze, systematize and summarize the scientific data obtained in studies of the relationship of human microbiota with the development of schizophrenia and methods of treatment of the disease.

Materials and Methods. The review includes both Russian and foreign publications published in Russian and English from 2019 to 2025. The databases eLibrary, Cyberleninka, Scopus and Web of Science were used to search for foreign scientific papers. 91 articles were analyzed in the study.

Results. The microbiota, being in a symbiotic relationship with the organism, maintains its homeostasis. Studies have shown that the composition and quality of gut microflora in healthy individuals differ significantly from patients suffering from schizophrenia. This emphasizes the need to maintain normal levels of alpha diversity in the microbiota. The influence of microflora on the development of schizophrenia is explained by the existence of a microbiota-gut-brain axis. A number of bacteria produce neurotransmitters related to the glutamatergic system of the brain, which play a significant role in the pathogenesis of schizophrenic disorders. Some studies suggest that altered microbiota composition may activate glutamatergic hypofunction. The drugs of first choice in the treatment of schizophrenia are antipsychotic drugs (AD), or neuroleptics. However, they cause a large number of side effects, including gastrointestinal (GI) disorders observed in 1.5–60% of cases. This makes it urgent to optimize pharmacotherapy of schizophrenia, taking into account the correction of the patient's microbiota. To promote the therapeutic effect of medications, it is recommended to prescribe combinations of pro- and prebiotics, which allow to enrich the intestinal microflora.

Conclusions. Schizophrenia requires a comprehensive approach to therapy. Studies show a link between the composition of the intestinal microflora and the development of the disease. This opens up new strategies for the diagnosis and pharmacotherapy of schizophrenia. Given its association with the microbiota-gut-brain axis, it is important to investigate pro- and prebiotic supplements. They may reduce the side effects of neuroleptics and normalize the composition of the intestinal microflora.

KEYWORDS

schizophrenia, microbiota, antipsychotics, neuroleptics, psychobiotics, glutamatergic system, NMDA receptor.



To cite: Abdullina, L. Kh., Mosina, A. A., Sorokina, Yu. A., & Strueva, E. P. (2025). The influence of gut microbiota on the development of schizophrenia. Ways of pharmacological correction (systematic scoping review). *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 21–30. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s254>

ВВЕДЕНИЕ

Важной особенностью психических заболеваний является их полиэтиологический и полигенно-мультифакторный характер (Lotfi et al., 2023; Незнанов и соавт., 2021). В частности, на возникновение шизофрении способны влиять генетическая предрасположенность, эпигенетические факторы и условия окружающей среды (Ibrahim et al., 2023). Этиологическое разнообразие значительно затрудняет подбор оптимальной и эффективной фармакотерапии заболевания для конкретного пациента (Echols et al., 2019). Это является актуальной проблемой в условиях современного общества, так как шизофрении подвержено около 1 % от численности населения мира, средняя продолжительность жизни которого на 20 лет ниже (Бибикова и соавт., 2020; Li et al., 2023).

В последнее время растет интерес к поиску новых путей развития психических заболеваний (Rajacic et al., 2023). Было установлено, что микробиота кишечника является одним из биомаркеров нервно-психического развития детей (Marangelo et al., 2024). Так, нарушения колонизации во время перинатального и постнатального периодов могут вызывать отклонения в функционировании нервной системы (Малыгина и соавт., 2024). Микробиота кишечника и мозг связаны через ось микробиота-кишечник-мозг (Loh et al., 2024). Это позволяет микробиоте модулировать активность нервной системы, что подтверждено экспериментальными исследованиями (Huang et al., 2023). Для более детального изучения темы настоящий обзор ставит целью проведение критического анализа, систематизацию и обобщение результатов научных исследований, связанных с изучением влияния микробиоты человека на развитие шизофрении. Данный обзор отвечает на следующие вопросы: Какова роль микробного разнообразия в развитии шизофрении? Что такое ось микробиота-кишечник-мозг? Каковы пути фармакологической коррекции шизофрении, направленные за нормализацию состава микробиоты?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для поиска отечественной научной литературы использовали электронные библиотеки eLibrary и Cyberleninka, зарубежной литературы — в базах Scopus, Web of Science, Elsevier, Google Scholar и PubMed. Все статьи, включенные в обзор, опубликованы в период 2019–2025 гг. В процессе работы пользовались методами анализа, систематизации и обобщения.

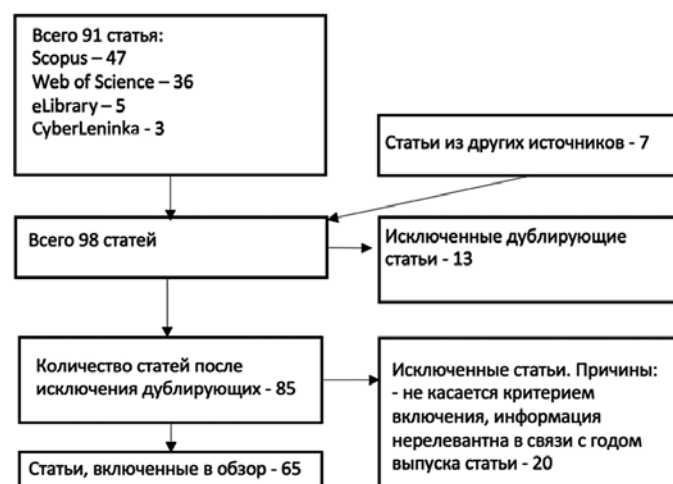
Поиск литературы в отечественных базах данных проводился с помощью следующих ключевых слов и словосочетаний: *шизофрения, микробиота, микробиом, ось*

Рисунок 1

Блок-схема, описывающая процесс выбора исследования в соответствии с протоколом PRISMA

Figure 1

Flow Chart Describing the Study Selection Process According to the PRISMA Protocol



мозг-кишечник-микробиота, антипсихотики, глутаматергическая система. Поиск статей в международных базах осуществлялся по следующим ключевым словам: *schizophrenia, microbiota, microbiome, antipsychotic, neuroleptics*.

Критериями включения являлись год публикации статьи (2019–2025), соответствие теме исследования и типы анализируемых статей (оригинальные исследовательские статьи, обзорные статьи и краткие отчеты). Статья исключалась в случае несоответствия критериям включения, а также при дублировании содержания статьи.

Обзор предметного поля провели с помощью алгоритма по протоколу PRISMA (Тихонова & Шленская, 2021). В результате была составлена схема исследования (Рисунок 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Шизофрения является нервно-психическим расстройством, ассоциированным с дисбиозами, что определяется спецификой симптомов со стороны ЖКТ (Олескин, 2019). Эпидемиологические исследования показали значительное увеличение риска развития шизофрении (в 10–20 раз) вследствие пренатальной микробной инфекции (Cheslack-Postava et al., 2022). Именно поэтому стоит уделить особое внимание оси микробиота-кишечник-мозг (Verma et al., 2024).

Роль микробного разнообразия

Кишечная микробиота модулирует и контролирует множество функций человеческого организма, находясь с ним в симбиотических отношениях (Булгакова и соавт., 2022). Изменение состава микробиоты приводит к нарушению гомеостаза, поддержание которого — ключевая функция кишечной микрофлоры (Рылова и соавт., 2019). В норме бактерии находятся в кишечнике в оптимальном соотношении (Shalon et al., 2023). Так, клостридии при нормальном содержании переваривают белки (Grenda et al., 2021; Yakabe et al., 2022). Продукты реакции — скатол и индол, стимулируют перистальтику кишечника (Waclawiková et al., 2022). Увеличение количества клостридий и продуктов расщепления белков, ведет к проявлению диспепсических расстройств, метеоризму и общей интоксикации (Zhou et al., 2022).

Изменение состава микробиоты так же наблюдается в патогенезе шизофрении. В 2019 году было опубликовано исследование, в рамках которого сравнивали качественный и количественный микробный состав кишечника у пациентов с шизофренией по отношению к контрольной группе. Вследствие были выявлены следующие различия: испытуемые контрольной группы характеризовались более высокими индексами микробного разнообразия. Анализ выявил 77 дифференциальных операционных таксономических единиц. Из них 23 были увеличены у пациентов с шизофренией в сравнении с контрольной группой (наиболее часто — бактерии семейства *Veillonellaceae*, *Prevotellaceae*, *Bacteroidaceae* и *Coriobacteriaceae*). Содержание остальных таксономических единиц было снижено, а именно бактерий семейств *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae* из отряда *Clostridiales*. Также было обнаружено низкое α -разнообразие — разнообразие внутри сообщества (Zheng et al., 2019). Оно является маркером «плохого» состояния здоровья (Li et al., 2022).

Помимо прочего, качественный состав микробиоты кишечника влияет на особенности клинических проявлений шизофрении. При увеличении численности бактерий семейств *Lachnospiraceae* и *Clostridiaceae* наблюдается повышенная активность лабораторных животных. Симптомы депрессии проявляются при высоком содержании рода *Bacteroides*, а количество бактерий семейства *Ruminococcaceae* коррелирует с тревожным поведением. Состав кишечной микробиоты определяет не только клинические проявления шизофрении, но и тяжесть симптомов. В наибольшей степени на течение болезни влияли *Bacteroidaceae*, *Streptococcaceae*, *Lachnospiraceae* (Tsamakis et al., 2022).

Качественный и количественный состав кишечной микробиоты играет роль в патогенезе шизофрении, влияя на клинические проявления заболевания и общее со-

стояние здоровья пациентов. Изменения в микробном сообществе, такие как снижение альфа-разнообразия и нарушение соотношения определенных таксонов, могут способствовать развитию симптомов шизофрении.

Ось микробиота-кишечник-мозг

Ось микробиота-кишечник-мозг двусторонне связывает центральную нервную систему с ЖКТ через нейронные, иммунологические и энтероэндокринные пути (Bistoletti et al., 2020). Отдельное место в патофизиологии шизофрении занимают глутаматергическая и дофаминергическая системы головного мозга (Kruse et al., 2022; Rawani et al., 2024). Развитие шизофренического процесса связано с нейромедиаторами дофамином, ацетилхолином, серотонином и NMDA-рецепторами (N-метил-D-аспартатный рецептор) (Brasso et al., 2023).

Ряд бактерий, таких как *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*, способен производить нейротрансмиттеры, а именно гамма-аминомасляную кислоту и ацетилхолин, которые далее проникают в кровоток (Casertano et al., 2024). Часть предшественников нейромедиаторов проходят через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) и стимулируют в мозге синтез самих нейротрансмиттеров (Gasmí et al., 2023). Более того, клетки эпителия кишечника позволяют быстро передавать сигналы через блуждающий нерв для синтеза и высвобождения глутамата (Sears et al., 2021).

Глутамат — важнейший возбуждающий медиатор центральной нервной системы, участвующий во многих биохимических процессах в мозге (Pat et al., 2021). Для определения его связи с шизофренией было проведено исследование с использованием грызунов: антагонисты NMDA-рецепторов вызывали поведение, схожее с поведением при шизофрении (Cutcheon et al., 2020).

NMDA-рецепторы — ионотропные глутаматные рецепторы, которые передают нервное возбуждение и отвечают за синаптическую пластичность (Dunot et al., 2024). NR2 субъединица NMDA-рецептора отвечает за связывание глутамата (Jing et al., 2022). При поражении NR2 уровень глутамата растет, развивается эксайтотоксичность (Савченко и соавт., 2021). Соответственно, любой дисбаланс в глутаматергической системе ведет к антагонизму по отношению к NMDA-рецепторам и окислительному стрессу, который усиливает первоначальные патологические изменения (Бурбаева и соавт., 2023).

Исследования доказывают способность микробиоты вызывать глутаматергическую гипофункцию (Socała et al., 2021). В рамках эксперимента была осуществлена трансплантация микробиоты кишечника здоровых людей и пациентов с шизофренией мышам-реципиентам. Проведенный анализ показал, что метаболомные про-

фили пациентов с шизофренией и людей из контрольной группы отличаются. У первых в сыворотке и гиппокампе было обнаружено повышенное содержание глутамина, а также сниженное содержание глутамата в гиппокампе. Дополнительно у пациентов с шизофренией выявлено повышенное содержание гамма-аминомасляной кислоты в гиппокампе. Метаболические нарушения у мышей-реципиентов были замечены именно в областях мозга, богатых глутаматом (Zheng et al., 2019).

До недавнего времени корреляция между шизофренией, дисбактериозом кишечника и иммунологической дисфункцией организма была неизвестна. Недавние исследования, направленные на изучение данного вопроса, показали, как именно семейства *Faecalibacterium*, *Subdoligranulum* и *Blautia* влияют на иммунные процессы в организме больного шизофренией. Их ключевым метаболитом является бутират, который влияет на доступность короткоцепочечных жирных кислот бактериального происхождения. Именно они играют роль в поддержании кишечного барьера, иммунного ответа и функции мозга. Снижение уровня бутирата ведет к снижению уровня короткоцепочечных жирных кислот, что непосредственно влияет на развитие процесса воспаления. Предполагается, что противовоспалительный эффект достигается нарушением экспрессии провоспалительных цитокинов в микроглии, например, IL-1 β . Следовательно, снижение количества таксона *Faecalibacterium*, продуцирующего бутират, приводит к системному воспалению низкой степени тяжести (Ling et al., 2024; Rust et al., 2025).

С дисбактериозом кишечника и повышенной проницаемостью кишечника может быть связано образование в организме естественных антител IgA, IgM, IgG к кишечным грамотрицательным бактериям. К примеру, повышение содержания IgA, направленного на хинолиновую и пиколиновую кислоту, были обнаружены у пациентов с простым типом шизофрении (Ermakov et al., 2022).

Кроме того, противовоспалительный эффект способен улучшать когнитивные нарушения шизофрении. Восстановление памяти и исполнительной функции нормализует физиологические аномалии на начальном эпизоде шизофрении (Ling et al., 2024; Rust et al., 2025).

Следовательно, кишечная микробиота влияет на функцию мозга через ось микробиота-кишечник-мозг (He et al., 2024).

Пути фармакологической коррекции

К базовым препаратам для лечения шизофрении относятся антипсихотики, или нейролептики (Ceraso et al., 2020; Sampogna et al., 2023). Монотерапия не является достаточно полноценной ввиду наличия индивидуаль-

ных особенностей пациентов, таких как пол, возраст и сопутствующие патологии (Singh et al., 2023). В связи с этим лечение шизофрении ассоциировано с высокой вероятностью возникновения побочных эффектов (Kantrowitz et al., 2023).

С появлением нейролептиков второго поколения у пациентов снизились риски развития поздней дискинезии, исчезло воздействие на уровень пролактина, а также увеличилась эффективность лечения негативных симптомов (Fabrazzo et al., 2022).

Однако многие антипсихотики первого и второго поколения способствуют усугублению проблем, связанных с состоянием ЖКТ (Bretler et al., 2019). Среди распространенных побочных эффектов отмечены обстипация и кишечная непроходимость (Sarangi et al., 2021). С шизофренией могут быть ассоциированы заболевания, возникшие на фоне метаболических нарушений (Sarnyai et al., 2024). К данным патологиям относятся сахарный диабет, ожирение, дислипидемия и атеросклероз (Mizuki et al., 2021). Результат исследования таких пациентов показал измененный состав микробиоты кишечника (Singh et al., 2022). Другое исследование определило увеличение количества бактерий семейств *Bacteroidetes*, *Christensenellaceae*, *Enterobacteriaceae* и *Proteobacteria* при приеме рисперидона на протяжении двадцати четырех недель (Xue et al., 2020).

Стандартные ЛС, применяемые при лечении шизофрении, часто не дают требуемых результатов (Samara et al., 2019). Именно поэтому для предотвращения возможных побочных эффектов, а также для минимизации риска развития сопутствующих патологий, пациентам в дополнение следует назначать специальную диету и терапевтические добавки. World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) отдельно подчеркнула значимость вспомогательной терапии и использования нутрицевтиков (Sarris et al., 2022).

Для обогащения микрофлоры кишечника назначают психобиотики — сочетание пробиотиков и пребиотиков, которые позволяют увеличить терапевтический эффект у пациентов, принимающих препараты для лечения психических заболеваний (Mosquera et al., 2024; Alagiakrishnan et al., 2021). Ряд психиатров, осознавая роль микробиоты в развитии шизофрении, в составе комплексной терапии применяют растительные добавки, препараты омега-3-жирных кислот, витамины группы В и минералы (Zajkowska et al., 2024). Однако вышеупомянутая WFSBP и Канадская сеть по лечению расстройств настроения и тревоги (Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT)) не рекомендовали применять омега-3-жирные кислоты и витамин D. Результаты метааналитического уровня для омега-3 жирных кислот и результаты рандомизированных

контролируемых испытаний в отношении витамина D не показали подтверждающих доказательств вспомогательной эффективности в уменьшении симптомов шизофрении. К рекомендованным нутрицевтикам исследователи отнесли N-ацетилцистеин, соединения на основе фолата и гинкго билобу (Sarris et al., 2022; Sanders et al., 2019).

Значимую роль в оптимизации фармакотерапии шизофрении могут сыграть диеты (Zajkowska et al., 2024; Rarınca et al., 2024). Эпидемиологические исследования показывают рост частоты встречаемости целиакии среди пациентов с шизофренией относительно общей популяции (King et al., 2020; Alkhiari et al., 2023). Так, после введения безглютеновой диеты у пациента при условии отсутствия вспомогательной фармакотерапии наблюдалось снижение выраженности психопатологической симптоматики (Kelly et al., 2019). Эффективность безглютеновой диеты объясняется тем, что глютен вызывает воспалительные реакции в мозге, увеличивая проницаемость ГЭБ (Philip et al., 2022). В таком случае растёт количество гаптоглобина-2 и в целом ухудшается состояние пациентов (Zajkowska et al., 2024).

Включение препаратов для нормализации микробиоты кишечника в комплексную терапию шизофрении целесообразно. Использование психобиотиков и нутрицевтиков улучшает состояние пациентов и повышает эффективность терапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Шизофрения — заболевание, к терапии которого необходимо подходить комплексно. Обзор результатов научных исследований показал, что существует взаимосвязь качественного и количественного состава микрофлоры кишечника с развитием шизофрении. Знание этого позволяет определить новые стратегии диагностики и фармакотерапии данной патологии, а также других

нервно-психических заболеваний. Поскольку шизофрения тесно связана с нарушением оси микробиота-кишечник-мозг, особое внимание необходимо уделить исследованию про- и пребиотических добавок. Именно они в составе комплексной терапии позволят снизить частоту побочных эффектов нейролептиков и нормализовать состав кишечной микрофлоры.

ВКЛАД АВТОРОВ

Абдуллина Л.Х.: визуализация, написание черновика рукописи, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

Мосина А.А.: научное руководство, разработка концепции, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

Сорокина Ю.А.: научное руководство.

Струева Е.П.: визуализация, написание черновика рукописи, написание рукописи — рецензирование и редактирование.

AUTHORS CONTRIBUTION STATEMENT:

Lilia Kh. Abdullina: visualization, writing — original draft preparation, writing — review & editing.

Anna A. Mosina: supervision, conceptualization, writing — review & editing.

Yulia A. Sorokina: supervision.

Elena P. Strueva: visualization, writing — original draft preparation, writing — review & editing.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Бибикова, Ж. Б., Стрельцов, Е. А., & Макаrchук, А. С. (2020). Применение антипсихотиков длительного действия при шизофрении. *Медицинский вестник Юга России*, 11(1), 6–13.
- Bibekova, Z. B., Strel'cov, E. A., & Makarchuk, A. S. (2020). Application of antipsychotics of long-term action in schizophrenia. *Medical Herald of the South of Russia*, 11(1), 6–13. (In Russ.)
- Булгакова, С. В., Романчук, Н. П., & Тренева, Е. В. (2022). Микробиом и мозг: кишечная микробиота и нейроэндокринная система. *Бюллетень науки и практики*, 8(6), 261–307.
- Bulgakova, S. V., Romanchuk, N. P., & Treneva, E. V. (2022). Microbiome and brain: intestinal microbiota and neuroendocrine system. *Bulletin of Science and Practice*, 8(6), 261–307. (In Russ.)
- Бурбаева, Г. Ш., Прохорова, Т. А., Савушкина, О. К., Терешкина, Е. В., Воробьева, Е. А., & Бокша, И. С. (2023). Окислительный стресс при шизофрении: связь с нейрохимическими патогенетическими гипотезами. *Психиатрия*, 21(6), 85–99. <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2023-21-6-85-99>

- Burbaeva, G. Sh., Prokhorova, T. A., Savushkina, O. K., Tereshkina, E. B., Vorobyeva, E. A., & Boksha, I. S. (2024). Oxidative stress in schizophrenia: Relation to neurochemical pathogenetic hypotheses. *Psikhiatriya*, 21(6), 85–99. <https://doi.org/10.30629/2618-6667-2023-21-6-85-99> (In Russ.)
- Малыгина, О. Г., Усынина, А. А., & Макарова, А. А. (2024). Связь между кишечной микробиотой младенцев и их нервно-психическим развитием: систематическое обзорное исследование литературы по методологии scoping review. *Вопросы современной педиатрии*, 26(1), 3–20. <https://doi.org/10.15690/vsp.v23i1.2706>
- Malygina, O. G., Usynina, A. A., & Makarova, A. A. (2024). Association between intestinal microbiota in infants and their neurodevelopment: Systematic literature review on scoping review methodology. *Issues in Modern Pediatrics*, 26(1), 3–20. <https://doi.org/10.15690/vsp.v23i1.2706> (In Russ.)
- Незнанов, Н. Г., Леонова, Л. В., Рукавишников, Г. В., Касьянов, Е. Д., & Мазо. (2021). Микробиота кишечника как объект для изучения при психических расстройствах. *Успехи физиологических наук*, 52(1), 64–76. <https://doi.org/10.31857/s0301179821010069>
- Neznanov, N. G., Leonova, L. V., Rukavishnikov, G. V., Kasyanov, E. D., & Mazo. (2021). Intestinal microbiota as an object for study in mental disorders. *Advances in Physiological Sciences*, 52(1), 64–76. <https://doi.org/10.31857/s0301179821010069> (In Russ.)
- Олескин, А. В. (2019). Взаимодействие симбиотической микробиоты желудочно-кишечного тракта с нервной системой организма-хозяина. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*, 1(2), 90–100. <https://doi.org/10.36425/2658-6843-19193>
- Oleskin, A. V. (2019). Interaction of the symbiotic microbiota of the gastro-intestinal tract with the nervous system of the host organism. *Physical And Rehabilitation Medicine, Medical Rehabilitation*, 1(2), 90–100. <https://doi.org/10.36425/2658-6843-19193> (In Russ.)
- Рылова, Н. В., Жолинский, А. В., & Самойлов, А. С. (2019). Роль микробиоты кишечника в поддержании гомеостаза организма. *Современные проблемы науки и образования*, 64(5), 6–13.
- Rylova, N. V., Zholinskiy, A. V., & Samoylov, A. S. (2019). The role of gut microbiota in maintaining body homeostasis. *Current Problems of Science and Education*, 64(5), 6–13. (In Russ.)
- Савченко, О. А., Павлинова, Е. Б., Полянская, Н. А., Куклина, Л. В., Замиралов, К. А., Паладий, Е. Е., Кострик, Е. Б., & Чуприк, Ю. В. (2021). Эксайтотоксическое повреждение головного мозга у недоношенных детей: прогностическая ценность биомаркеров глутамат-опосредованного повреждения. *Современные проблемы науки и образования*, (5). <https://doi.org/10.17513/spno.31188>
- Savchenko, O., Pavlinova, E., Polyanskaya, N., Kuklina, L., Zamiralov, K., Paladiy, E., Kostrik, E., & Chuprik, Y. (2021). Exaitotoxic brain damage in premature infants: prognostic relevance of biomarkers of glutamate mediated damage. *Modern Problems of Science and Education*, (5). <https://doi.org/10.17513/spno.31188> (In Russ.)
- Тихонова, Е. В., & Шленская, Н. М. (2021). Обзор предметного поля как метод синтеза научных данных. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 11–25. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.257>
- Tikhonova, E. V., & Shlenskaya, N. M. (2021). A review of the subject field as a method for synthesizing scientific data. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 11–25. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.257> (In Russ.)
- Alagiakrishnan, K., & Halverson, T. (2021). Microbial therapeutics in neurocognitive and psychiatric disorders. *Journal of Clinical Medicine Research*, 13(9), 439–459. <https://doi.org/10.14740/jocmr4575>
- Alkhiari R. (2023). Psychiatric and neurological manifestations of celiac disease in adults. *Cureus*, 15(3), e35712. <https://doi.org/10.7759/cureus.35712>
- Bistoletti, M., Bosi, A., Banfi, D., Giaroni, C., & Baj, A. (2020). The microbiota-gut-brain axis: Focus on the fundamental communication pathways. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 176, 43–110. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2020.08.012>
- Brasso, C., Colli, G., Sgro, R., Bellino, S., Bozzatello, P., Montemagni, C., Villari, V., & Rocca, P. (2023). Efficacy of serotonin and dopamine activity modulators in the treatment of negative symptoms in schizophrenia: A rapid review. *Biomedicines*, 11(3), 921. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11030921>
- Bretler, T., Weisberg, H., Koren, O., & Neuman, H. (2019). The effects of antipsychotic medications on microbiome and weight gain in children and adolescents. *BMC Medicine*, 17(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1346-1>
- Casertano, M., Frygas, C., Valentino, V., Troise, A. D., Vitaglione, P., Fogliano, V., & Ercolini, D. (2024). Gut production of GABA by a probiotic formula: An in vitro study. *Beneficial Microbes*, 15(1), 67–81. <https://doi.org/10.1163/18762891-20230025>
- Ceraso, A., Lin, J. J., Schneider-Thoma, J., Siafis, S., Tardy, M., Komossa, K., Heres, S., Kissling, W., Davis, J. M., & Leucht, S. (2020). Maintenance treatment with antipsychotic drugs for schizophrenia. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8(8), CD008016. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008016.pub3>

- Cheslack-Postava, K., & Brown, A. S. (2022). Prenatal infection and schizophrenia: A decade of further progress. *Schizophrenia research*, 247, 7–15.
- Dunot, J., Moreno, S., Gandin, C., Pousinha, P. A., Amici, M., Dupuis, J., Anisimova, M., Winschel, A., Uriot, M., Petshow, S. J., Mensch, M., Bethus, I., Giudici, C., Hampel, H., Wefers, B., Wurst, W., Naumann, R., Ashby, M. C., Laube, B., Zito, K., ... Marie, H. (2024). APP fragment controls both ionotropic and non-ionotropic signaling of NMDA receptors. *Neuron*, 112(16), 2708–2720.e9. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2024.05.027>
- Echols, R. M., & Tillotson, G. S. (2019). Difficult to treat: Do we need a new definition?. *Clinical Infectious Diseases*, 69(9), 1641–1642. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz184>
- Ermakov, E. A., Melamud, M. M., Buneva, V. N., & Ivanova, S. A. (2022). Immune system abnormalities in schizophrenia: An integrative view and translational perspectives. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 880568. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.880568>
- Fabrazzo, M., Cipolla, S., Camerlengo, A., Perris, F., & Catapano, F. (2022). Second-generation antipsychotics' effectiveness and tolerability: A review of real-world studies in patients with schizophrenia and related disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 11(15), 4530. <https://doi.org/10.3390/jcm11154530>
- Gasmi, A., Nasreen, A., Menzel, A., Gasmi Benahmed, A., Pivina, L., Noor, S., Peana, M., Chirumbolo, S., & Bjørklund, G. (2023). Neurotransmitters regulation and food intake: The role of dietary sources in neurotransmission. *Molecules*, 28(1), 210. <https://doi.org/10.3390/molecules28010210>
- Grenda, T., Kwiatek, K., Goldsztejn, M., Sapała, M., Koziół, N., & Domaradzki, P. (2021). Clostridia in insect processed animal proteins—is an epidemiological problem possible? *Agriculture*, 11(3), 270. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030270>
- He, Y., Wang, K., Su, N., Yuan, C., Zhang, N., Hu, X., Fu, Y., & Zhao, F. (2024). Microbiota-gut-brain axis in health and neurological disease: Interactions between gut microbiota and the nervous system. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 28(18), e70099. <https://doi.org/10.1111/jcmm.70099>
- Huang, Y., Wu, J., Zhang, H., Li, Y., Wen, L., Tan, X., Cheng, K., Liu, Y., Pu, J., Liu, L., Wang, H., Li, W., Perry, S. W., Wong, M. L., Licinio, J., Zheng, P., & Xie, P. (2023). The gut microbiome modulates the transformation of microglial subtypes. *Molecular Psychiatry*, 28(4), 1611–1621. <https://doi.org/10.1038/s41380-023-02017-y>
- Ibrahim, A. A., Ueland, T., Szabo, A., Hughes, T., Smeland O.B., Andreassen O. A., Osete, J. R., & Djurovic, S. (2023). Longitudinal transcriptomic analysis of human cortical spheroids identifies axonal dysregulation in the prenatal brain as a mediator of genetic risk for schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 95(7), 687–698. doi: 10.1016/j.biopsych.2023.08.017
- Jing, P. B., Chen, X. H., Lu, H. J., Gao, Y. J., & Wu, X. B. (2022). Enhanced function of NR2C/2D-containing NMDA receptor in the nucleus accumbens contributes to peripheral nerve injury-induced neuropathic pain and depression in mice. *Molecular Pain*, 18. <https://doi.org/10.1177/17448069211053255>
- Kantrowitz, J. T., Correll, C. U., Jain, R., & Cutler, A. J. (2023). New developments in the treatment of schizophrenia: An expert roundtable. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 26(5), 322–330. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyad011>
- King, J. A., Jeong, J., Underwood, F. E., Quan, J., Panaccione, N., Windsor, J. W., Coward, S., deBruyn, J., Ronksley, P. E., Shaheen, A. A., Quan, H., Godley, J., Veldhuyzen van Zanten, S., Lebwohl, B., Ng, S. C., Ludvigsson, J. F., & Kaplan, G. G. (2020). Incidence of celiac disease is increasing over time: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Gastroenterology*, 115(4), 507–525. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000523>
- Kelly, D. L., Demyanovich, H. K., Rodriguez, K. M., Ciháková, D., Talor, M. V., McMahon, R. P., Richardson, C. M., Vyas, G., Adams, H. A., August, S. M., Fasano, A., Cascella, N. G., Feldman, S. M., Liu, F., Sayer, M. A., Powell, M. M., Wehring, H. J., Buchanan, R. W., Gold, J. M., Carpenter, W. T., ... Eaton, W. W. (2019). Randomized controlled trial of a gluten-free diet in patients with schizophrenia positive for antigliadin antibodies (AGA IgG): A pilot feasibility study. *Journal of Psychiatry & Neuroscience : JPN*, 44(4), 269–276. <https://doi.org/10.1503/jpn.180174>
- Kruse, A.O., & Bustillo, J.R. (2022). Glutamatergic dysfunction in schizophrenia. *Translation Psychiatry*, 12, 500. <https://doi.org/10.1038/s41398-022-02253-w>
- Li, X., Wei, N., Song, J., Liu, J., Yuan, J., Song, R., Liu, L., Mei, L., Yan, S., Wu, Y., Pan, R., Yi, W., Jin, X., Li, Y., Liang, Y., Sun, X., Cheng, J., & Su, H. (2023). The global burden of schizophrenia and the impact of urbanization during 1990–2019: An analysis of the global burden of disease study 2019. *Environmental Research*, 232, 116305. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116305>
- Li, Z., Zhou, J., Liang, H., Ye, L., Lan, L., Lu, F., Wang, Q., Lei, T., Yang, X., Cui, P., & Huang, J. (2022). Differences in alpha diversity of gut microbiota in neurological diseases. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 879318. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.879318>

- Ling, Z., Lan, Z., Cheng, Y., Liu, X., Li, Z., Yu, Y., Wang, Y., Shao, L., Zhu, Z., Gao, J., Lei, W., Ding, W., & Liao, R. (2024). Altered gut microbiota and systemic immunity in Chinese patients with schizophrenia comorbid with metabolic syndrome. *Journal of Translational Medicine*, 22(1), 729. <https://doi.org/10.1186/s12967-024-05533-9>
- Loh, J. S., Mak, W. Q., Tan, L. K. S., Ng, C. X., Chan, H. H., Yeow, S. H., Foo, J. B., Ong, Y. S., How, C. W., & Khaw, K. Y. (2024). Microbiota–gut–brain axis and its therapeutic applications in neurodegenerative diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9, 37 <https://doi.org/10.1038/s41392-024-01743-1>
- Lotfi, N., Rezaei, N., Rastgoo, E., Khodadoustan Shahraki, B., Zahedi, G., & Jafarinia, M. (2023). Schizophrenia etiological factors and their correlation with the imbalance of the immune system: An update. *Galen Medical Journal*, 12, 1–16. <https://doi.org/10.31661/gmj.v12i.3109>
- Marangelo, C., Vernocchi, P., Del Chierico, F., Scanu, M., Marsiglia, R., Petrolo, E., Fucà, E., Guerrero, S., Valeri, G., Vicari, S., & Putignani, L. (2024). Stratification of gut microbiota profiling based on autism neuropsychological assessments. *Microorganisms*, 12(10), 2041. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12102041>
- McCutcheon, R. A., Krystal, J. H., & Howes, O. D. (2020). Dopamine and glutamate in schizophrenia: Biology, symptoms and treatment. *World Psychiatry*, 19(1), 15–33. <https://doi.org/10.1002/wps.20693>
- Mizuki, Y., Sakamoto, S., Okahisa, Y., Yada, Y., Hashimoto, N., Takaki, M., & Yamada, N. (2021). Mechanisms underlying the comorbidity of schizophrenia and type 2 diabetes mellitus. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 24(5), 367–382. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa097>
- Mosquera, F. E. C., Lizcano Martinez, S., & Liscano, Y. (2024). Effectiveness of psychobiotics in the treatment of psychiatric and cognitive disorders: A systematic review of randomized clinical trials. *Nutrients*, 16(9), 1352. <https://doi.org/10.3390/nu16091352>
- Pal M. M. (2021). Glutamate: the master neurotransmitter and its implications in chronic stress and mood disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 722323. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.722323>
- Philip, A., & White, N. D. (2022). Gluten, inflammation, and neurodegeneration. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 16(1), 32–35. <https://doi.org/10.1177/15598276211049345>
- Rajacic, B. K., Sagud, M., Pivac, N., & Begic, D. (2023). Illuminating the way: The role of bright light therapy in the treatment of depression. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 23(12), 1157–1171. <https://doi.org/10.1080/14737175.2023.2273396>
- Rarinca, V., Vasile, A., Visternicu, M., Burlui, V., Halitchi, G., Ciobica, A., Singeap, A. M., Dobrin, R., Burlui, E., Maftai, L., & Trifan, A. (2024). Relevance of diet in schizophrenia: A review focusing on prenatal nutritional deficiency, obesity, oxidative stress and inflammation. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1497569. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1497569>
- Rawani, N. S., Chan, A. W., Dursun, S. M., & Baker, G. B. (2024). The underlying neurobiological mechanisms of psychosis: focus on neurotransmission dysregulation, neuroinflammation, oxidative stress, and mitochondrial dysfunction. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 13(6), 709. <https://doi.org/10.3390/antiox13060709>
- Rust, C., Asmal, L., O'Hare, M., Pretorius, E., Emsley, R., Seedat, S., & Hemmings, S. (2025). Investigating the gut microbiome in schizophrenia cases versus controls: South Africa's version. *Neurogenetics*, 26(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s10048-025-00816-9>
- Samara, M. T., Nikolakopoulou, A., Salanti, G., & Leucht, S. (2019). How many patients with schizophrenia do not respond to antipsychotic drugs in the short term? An analysis based on individual patient data from randomized controlled trials. *Schizophrenia Bulletin*, 45(3), 639–646. <https://doi.org/10.1093/schbul/sby095>
- Sampogna, G., Di Vincenzo, M., Giuliani, L., Menculini, G., Mancuso, E., Arsenio, E., Cipolla, S., Della Rocca, B., Martiadis, V., Signorelli, M. S., & Fiorillo, A. (2023). A systematic review on the effectiveness of antipsychotic drugs on the quality of life of patients with schizophrenia. *Brain Sciences*, 13(11), 1577. <https://doi.org/10.3390/brainsci13111577>
- Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Reid, G., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2019). Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: From biology to the clinic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(10), 605–616. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3>
- Sarnyai, Z., & Ben-Shachar, D. (2024). Schizophrenia, a disease of impaired dynamic metabolic flexibility: A new mechanistic framework. *Psychiatry Research*, 342, 116220. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116220>
- Sarang, A., Armin, S., Vargas, A., Chu, V. M., Fain, K., & Nelson, J. (2021). Management of constipation in patients with schizophrenia—a case study and review of literature. *Middle East Current Psychiatry*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s43045-021-00097-6>
- Sarris, J., Ravindran, A., Yatham, L. N., Marx, W., Rucklidge, J. J., McIntyre, R. S., Akhondzadeh, S., Benedetti, F., Canejo, C., Cramer, H., Cribb, L., de Manincor, M., Dean, O., Deslandes, A. C., Freeman, M. P., Gangadhar, B., Harvey, B. H., Kasper, S., Lake, J., Lopresti, A., ... Berk, M. (2022). Clinician guidelines for the treatment of psychiatric disorders

- with nutraceuticals and phytoceuticals: The World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) and Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT) Taskforce. *The World Journal of Biological Psychiatry : The Official Journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry*, 23(6), 424–455. <https://doi.org/10.1080/15622975.2021.2013041>
- Sears, S. M., & Hewett, S. J. (2021). Influence of glutamate and GABA transport on brain excitatory/inhibitory balance. *Experimental Biology and Medicine (Maywood, N.J.)*, 246(9), 1069–1083. <https://doi.org/10.1177/1535370221989263>
- Shalon, D., Culver, R. N., Grembi, J. A., Folz, J., Treit, P. V., Shi, H., Rosenberger, F. A., Dethlefsen, L., Meng, X., Yaffe, E., Aranda-Díaz, A., Geyer, P. E., Mueller-Reif, J. B., Spencer, S., Patterson, A. D., Triadafilopoulos, G., Holmes, S. P., Mann, M., Fiehn, O., Relman, D. A., ... Huang, K. C. (2023). Profiling the human intestinal environment under physiological conditions. *Nature*, 617(7961), 581–591. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05989-7>
- Singh, D., Oosterholt, S., Pavord, I., Garcia, G., Abhijith Pg, & Della Pasqua, O. (2023). Understanding the clinical implications of individual patient characteristics and treatment choice on the risk of exacerbation in asthma patients with moderate-severe symptoms. *Advances in Therapy*, 40(10), 4606–4625.
- Singh, R., Stogios, N., Smith, E., Lee, J., Maksyutynsk, K., Au, E., Wright, D. C., De Palma, G., Graff-Guerrero, A., Gerretsen, P., Müller, D. J., Remington, G., Hahn, M., & Agarwal, S. M. (2022). Gut microbiome in schizophrenia and antipsychotic-induced metabolic alterations: A scoping review. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 12. <https://doi.org/10.1177/20451253221096525>
- Socafa, K., Doboszevska, U., Szopa, A., Serefko, A., Włodarczyk, M., Zielińska, A., Poleszak, E., Fichna, J., & Wlaż, P. (2021). The role of microbiota-gut-brain axis in neuropsychiatric and neurological disorders. *Pharmacological Research*, 172, 105840. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105840>
- Tsamakis, K., Galinaki, S., Alevyzakis, E., Hortis, I., Tsiptsios, D., Kollintza, E., Kypouropoulos, S., Triantafyllou, K., Smyrnis, N., & Rizos, E. (2022). Gut microbiome: A brief review on its role in schizophrenia and first episode of psychosis. *Microorganisms*, 10(6), 1121. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061121>
- Verma, A., Inslicht, S. S., & Bhargava, A. (2024). Gut-brain axis: Role of microbiome, metabolomics, hormones, and stress in mental health disorders. *Cells*, 13(17), 1436. <https://doi.org/10.3390/cells13171436>
- Waclawikova, B., Codutti, A., Alim, K., & El Aidy, S. (2022). Gut microbiota-motility interregulation: Insights from in vivo, ex vivo and in silico studies. *Gut Microbes*, 14(1), 1997296. <https://doi.org/10.1080/19490976.2021.1997296>
- Xue, L., Xiuxia, Y., Lijuan, P., Shuying, W., Xiaoyun, Z., Andreassen, O. A., Hu, S., Wang, Y., & Song, X. (2020). Gut microbiota markers for antipsychotics induced metabolic disturbance in drug naïve patients with first episode schizophrenia – a 24-week follow-up study. *Nature*.
- Yakabe, K., Higashi, S., Akiyama, M., Mori, H., Murakami, T., Toyoda, A., Sugiyama, Y., Kishino, S., Okano, K., Hirayama, A., Gotoh, A., Li, S., Mori, T., Katayama, T., Ogawa, J., Fukuda, S., Hase, K., & Kim, Y. G. (2022). Dietary-protein sources modulate host susceptibility to *Clostridioides difficile* infection through the gut microbiota. *Cell Reports*, 40(11), 111332. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2022.111332>
- Zajkowska, I., Niczyporuk, P., Urbaniak, A., Tomaszek, N., Modzelewski, S., & Waszkiewicz, N. (2024). Investigating the impacts of diet, supplementation, microbiota, gut-brain axis on schizophrenia: A narrative review. *Nutrients*, 16(14), 2228. <https://doi.org/10.3390/nu16142228>
- Zheng, P., Zeng, B., & Liu, M. (2019). The gut microbiome from patients with schizophrenia modulates the glutamate-glutamine-GABA cycle and schizophrenia-relevant behaviors in mice. *Science Advances*, 5(2), 8317. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau8317>
- Zhou, L., Zeng, Y., Zhang, H., & Ma, Y. (2022). The role of gastrointestinal microbiota in functional dyspepsia: A review. *Frontiers in Physiology*, 13, 910568. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.910568>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s252>

Роль жировых компонентов в формировании вкусовых достоинств и качества конфет

М.С. Головизнина, А.В. Рыжакова

Российский экономический
университет им. Г.В.Плеханова,
Москва, Россия

Корреспонденция:

Головизнина Марина Сергеевна,
РЭУ им. Г.В.Плеханова», Стремянный
пер., 36, Москва, 109992, Россия
E-mail: Goloviznina.MS@rea.ru

Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии
конфликта интересов.

Поступила: 31.01.2025

Поступила после
рецензирования: 08.04.2025

Принята: 30.06.2025

Copyright: © 2025 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Качество кондитерских изделий, в частности глазированных конфет, формируется под влиянием множества факторов, из которых можно выделить основные: ингредиентный состав и срок годности. Кокосовая стружка активно используется при производстве кондитерских изделий, так как позволяет выпускать продукцию, обеспечивающую потребителю многогранные мультисенсорные ощущения. В настоящее время отсутствуют сведения о поведении кокосовой стружки в жиросодержащих конфетах при производстве и товарообращении.

Цель. Научное обоснование процесса формирования качества и потребительских свойств кокосовых конфет в зависимости от ингредиентного состава.

Материалы и методы. Высокожирная кокосовая стружка и опытные образцы кокосовых конфет с жировым корпусом в молочном шоколаде, изготовленных в полупроизводственных условиях. В работе были использованы общенаучные и общэкономические исследовательские методы с целью обоснования гипотез, структурирования и обобщения полученных данных в ходе эксперимента и выявления закономерностей, а также стандартные и специальные методы оценки качества.

Результаты и их обсуждение. Установлена взаимосвязь изменения структурно-механических свойств конфет с их сенсорными характеристиками, что в свою очередь оказывает влияние на качество готовых изделий и их потребительские свойства.

Выводы. Результаты комплексных исследований шоколадных кокосовых конфет позволяют констатировать, что именно высокожирная кокосовая стружка является причиной появления в кокосовых конфетах прогорклого вкуса при хранении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

кокосовая стружка, липаза, прогоркание жира, органолептическая оценка, профилограммы, структурно-механические свойства



Для цитирования: Головизнина, М. С., & Рыжакова, А. В. (2025). Роль жировых компонентов в формировании вкусовых достоинств и качества конфет. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 31–40. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s252>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s252>

The Role of Fat Components in the Formation of Taste and Quality of Sweets

Marina S. Goloviznina, Alla V. Ryzhakova

Plekhanov Russian University of
Economics, Moscow, Russia

Correspondence:

Marina S. Goloviznina,
Plekhanov Russian University of
Economics, Stremyanny per., 36, Moscow,
109992, Russia
E-mail: Goloviznina.MS@rea.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 31.01.2025

Received in revised form: 08.04.2025

Accepted: 30.06.2025

Copyright: © 2025 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The quality of confectionery products, in particular glazed sweets, is influenced by many factors, the main ones being ingredient composition and shelf life. Coconut flakes are widely used in confectionery production, as they allow manufacturing products that provide consumers with multifaceted multisensory sensations. Currently, there is no information on the behavior of coconut flakes in fat-containing sweets during production and commodity circulation.

Purpose. Scientific substantiation of the forming quality process and consumer properties of coconut sweets depending on the ingredient composition.

Materials and methods. High-fat coconut flakes and pilot samples of coconut sweets with a fat body in milk chocolate, manufactured in semi-production conditions. In the article, general scientific and general economic research methods were used to substantiate hypotheses, structure and generalize the data obtained during the experiment and identify patterns, as well as standard and special methods for quality assessment.

Results. The relationship between changes in the structural and mechanical properties of sweets and their sensory characteristics has been established, which in turn affects the quality of finished products and their consumer properties.

Conclusions. The results of chocolate coconut sweets complex studies and statistical processing of the obtained data allow us to conclude that it is high-fat coconut flakes and coconut oil that are the cause of the rancid taste in coconut sweets appearance.

KEYWORDS

coconut flakes, lipase, rancidity of fat, organoleptic assessment, profilograms, structural and mechanical properties



To cite: Goloviznina, M. S., & Ryzhakova, A. V. (2025). The role of fat components in the formation of taste qualities and quality of sweets. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 31–40. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s252>

ВВЕДЕНИЕ

В условиях растущей конкуренции на российском рынке кондитерских изделий с каждым годом все актуальнее становится проблема их качества. Как известно, на качество готовых товаров оказывают влияние множество аспектов, формирующих их сенсорные характеристики и прогнозируемый срок годности, однако подчеркнем, что ингредиентный состав является основным фактором. Современные потребители, особенно представители младших поколений становятся все более избирательными и проявляют повышенный интерес к используемым ингредиентам, что заставляет производителей адаптироваться к ожиданиям целевой аудитории. В качестве привлекательного ингредиента для изготовления конфет сегодня активно используется кокосовая стружка, обеспечивающая потребителю многогранные мультисенсорные ощущения.

Как известно, кокосовая стружка, изготавливается из мякоти кокосового ореха путем его измельчения и последующего высушивания при высокой температуре. Затем происходит ее охлаждение, она просеивается для получения большей однородности массы и фасуется в ящики. Стружка производится как высокожирная (из цельной кокосовой копры), так и обезжиренная. В зависимости от размеров частиц кокосовая стружка подразделяется на виды: *fine* (мелкая стружка с кокосовым маслом), *medium* (мякоть кокосового ореха растерта до средней консистенции) и *coarse* (представляет собой кокосовую муку грубого помола).

В настоящее время, в производстве конфет наиболее часто применяется высокожирная кокосовая стружка, однако она подвержена прогорканию, которое может быть химическим и биохимическим. Зачастую прогоркание происходит именно из-за окисления жиров диоксигородом. Биохимическое прогоркание жиров происходит из-за того, что жирные кислоты, которые содержатся в кокосовой стружке, под воздействием микроорганизмов, вырабатывающих фермент «липаза», расщепляются с образованием свободных жирных кислот, которые и придают изделию вкус омыления. Именно лауриновая кислота, содержащаяся в кокосовой стружке, расщепляется липазой до свободных жирных кислот. Катализатором этого процесса является вода и благоприятная (повышенная) температура. Существует регламентированное нормативной документацией значение показателя СЖК, и если оно превышено, то с большой долей вероятности, произошел гидролиз жиров лауриновой группы, вызванный липолитическими ферментами. Разумеется, это значительно снижает сроки их годности, так как такие конфеты уже не пригодны к реализации и потреблению (Головизнина и соавт., 2025).

Проблема прогоркания жиров широко освещается в работах российских и зарубежных ученых. Как отмечается в исследовании Руденко и соавт. (2019) необходимо проводить весьма тщательный контроль сырья, открывающий перед специалистами кондитерской отрасли ценные возможности для принятия обоснованных и эффективных решений с целью изменения активности липазы в глазированных пряниках и предотвращения липолитической порчи мучных кондитерских изделий. По результатам проведенных исследований авторами установлена взаимосвязь активности липазы с ростом микробиоты. В научных зарубежных работах описан процесс гидролиза жиров в семенах зерновых культур под действием липаз (Ranjeet et al., 2021), значительно влияющий на качество сырья, получаемого из этих семян. Причем липаза как способствует прорастанию семян и их последующему выращиванию, так и ухудшает качество муки, получаемой из них. Проблемы, возникающие в процессе формирования вкуса сыра и приводящие к обширному липолизу во многих случаях и как следствие к снижению потребительских свойств продукта обсуждаются в работах российских ученых (Двоеженова и соавт., 2024). Подходы, позволяющие предотвратить процесс прогоркания, возникающий в рисовых отрубях предложены зарубежными учеными (Li et al., 2024). Ими разработаны ингибиторы пептидной липазы.

Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, посвященных использованию кокосовой стружки в кондитерской промышленности, позволил выявить основное проблемное поле исследований — недостаточная степень изученности совместного применения в кокосовых конфетах.

В частности, отсутствуют сведения о поведении кокосовой стружки в жиросодержащих конфетах при производстве и товарообращении. Не хватает разработанных методов оценки кокосовой стружки в контексте ее приемки на кондитерском предприятии. В предыдущих научных работах нами были разработаны критерии оценки кокосовой стружки при приемке на кондитерской фабрике.

Таким образом, актуальность исследований влияния кокосовой стружки на качество и сохранность конфет очевидна, несмотря на существующую теоретическую и эмпирическую основу. Цель работы состоит в научном обосновании процесса формирования качества и потребительских свойств кокосовых конфет в зависимости от ингредиентного состава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами нашего исследования являлись: высокожирная кокосовая стружка fine (м.д. жира – 44,6 ± 2,1 %), произведенная в Индонезии, и 7 образцов покрытых молочным шоколадом конфет с кокосовым корпусом. Были проведены предварительные испытания по изучению влияния различных видов кокосовой стружки на формирование вкусо-ароматического комплекса конфет для выбора конкретного вида ингредиента. Эксперты единогласно утвердили высокожирную кокосовую стружку для последующих исследований.

Органолептическая оценка высокожирной кокосовой стружки, поступившей на кондитерское предприятие, проводилась посредством 5-балловой шкалы, разработанной авторами работы (Головизнина и соавт., 2025), а также были исследованы следующие микробиологические показатели: БГКП, КМАФАнМ и плесени в кокосовой стружке и готовых конфетах и их соответствие требованиям, установленным Техническим регламентом 021/2011^{1,2,3,4}.

Объектами наших исследований явились 7 образцов шоколадных кокосовых конфет. В качестве контрольных образцов были использованы кокосовые конфеты, глазированные молочным шоколадом, изготовленные по действующей на предприятии рецептуре, корпус которых имеет следующий состав: кокосовая стружка (в количестве 1/3 от всей конфетной массы), сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, молоко сухое обезжиренное, сухая молочная сыворотка, соль пищевая, глицерин.

В опытных образцах с целью установления влияния сырья на качество готовых изделий, поочередно из состава корпуса конфет был исключен один ингредиент (Таблица 1):

Корпуса конфет покрывались молочным шоколадом (сахар, какао-масло, молоко сухое цельное, какао тертое, молоко сухое обезжиренное, сыворотка сухая молочная, эмульгатор – лецитин (соевый), молотые стручки ванили) на глазировочной линии, в состав которой входят непосредственно глазировочная машина, темперирующая машина, подающий транспортер и охлаждающий тон-

Таблица 1
Состав корпуса опытных образцов конфет
Table 1
Composition of the Experimental Samples of Candies

Наименование образцов конфет	Состав рецептурных ингредиентов
Образец 1	Кокосовая стружка, сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, молоко сухое обезжиренное, соль поваренная, глицерин
Образец 2	Сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, молоко сухое обезжиренное, сухая молочная сыворотка, соль поваренная, глицерин
Образец 3	Кокосовая стружка, сахаро-паточный сироп, молоко сухое обезжиренное, сухая молочная сыворотка, соль поваренная, глицерин
Образец 4	Кокосовая стружка, сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, сухая молочная сыворотка, соль поваренная, глицерин
Образец 5	Кокосовая стружка, сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, сухая молочная сыворотка, молоко сухое обезжиренное, глицерин
Образец 6	Кокосовая стружка, сахаро-паточный сироп, кокосовое масло, сухая молочная сыворотка, молоко сухое обезжиренное, соль поваренная

нель, а также транспортер с металлодетектором. Затем конфеты были упакованы во flow-pack.

Свежеизготовленные образцы конфет прошли комплексную оценку качества и были заложены на хранение при температуре 22 3°С и относительной влажности воздуха не более 65 % в течение 7 месяцев.

Периодически (раз в месяц) проводилась органолептическая оценка исследуемых образцов конфет, так как именно сенсорный анализ является основным инструментом для определения наличия протекания процесса прогоркания в пищевых продуктах⁵. Когда возникает данный процесс при хранении конфет, то зачастую

¹ ГОСТ 31747–2012. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).
² ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов
³ ГОСТ 10444.12–2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов.
⁴ ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 14 июля 2021 года).
⁵ ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология

определить его можно уже на начальном этапе и только с помощью дегустационного анализа. Последнее связано с тем, что образование специфических веществ, обуславливающих прогорклость, затрагивает очень малое количество ацилглицеринов жира, и такие показатели как йодное, кислотное, ацетильное числа, а также число омыления, не всегда могут служить индикатором начального процесса прогоркания, поскольку их числовые значения не изменяются или изменяются волнообразно.

Органолептическую оценку проводили с помощью количественного описательного профильного метода с 5-ти уровневой шкалой интенсивности, а также по 5 балловой шкале. Для проведения данного исследования нами были разработаны дескрипторы (Таблица 2), позволяющие графически представить полученные результаты в виде профильных диаграмм.

Таблица 2
Предлагаемый список дескрипторов для сенсорной оценки качества кокосовых глазированных конфет
Table 2
Suggested List of Descriptors for Sensory Quality Assessment of Coconut Coated Candies

Дескрипторы		
Вкус какао продуктов	Мыльный вкус (–)	Кофейный аромат
Ореховый вкус	Прогорклый вкус (–)	Молочный аромат
Кокосовый вкус	Приторный вкус (–)	Аромат какао-продуктов
Кофейный вкус	Кокосовый аромат	Прогорклый запах (–)
Гармоничный вкус	Ореховый аромат	Посторонний запах (–)

Среди физико-химических показателей исследовались: активность воды конфет и структурно-механические свойства. Активность воды определяли по изотермам

сорбции с помощью прибора Aqualab (США). Структурно-механические свойства исследовались на текстурном анализаторе Brookfield с программным обеспечением для ПК “TexturePro” (США) у свежееизготовленных конфет, по истечении трех и семи месяцев.

В работе были использованы общенаучные и общеоноомические исследовательские методы с целью обоснования гипотез, структурирования и обобщения полученных данных в ходе эксперимента и выявления закономерностей, а также стандартные и специальные методы оценки качества.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Высокожирная кокосовая стружка является главным ингредиентом кокосовых конфет, так как влияет на их вкус, а также длительность хранения. Поэтому на первом этапе настоящих исследований предварительно отобранной экспертной группой дегустаторов, состоящей из 5 человек, была проведена органолептическая оценка кокосовой стружки в зависимости от содержания СЖК (Головизнина и соавт., 2025) по 5-балловой шкале, а также исследованы ее микробиологические показатели (Таблица 3). Кокосовая стружка, используемая для изготовления опытных образцов конфет, получила оценку 5 баллов.

Учитывая, что фактором, лимитирующем длительность хранения конфет, являются микробиологические процессы, была изучена динамика микробиологических показателей высокожирной кокосовой стружки, результаты которой (Таблица 3) подтвердили ее соответствие предъявляемым нормативной документацией требованиям.

На втором этапе исследований проводилась сенсорная оценка как свежееизготовленных образцов кокосовых конфет, так и в динамике в течение 7 месяцев хранения.

Таблица 3
Динамика микробиологических показателей кокосовой стружки в процессе хранения
Table 3
Dynamics of Microbiological Indicators of Coconut Flakes During Storage

Сырье	БГКП норма	БГКП факт	Плесени Норма (КОЕ/г)	Плесени факт (КОЕ/г)
Кокосовая стружка (только поступившая)	отс. в 0,01г	отс. в 0,01г	100	м1 × 10 ¹
Кокосовая стружка (1 месяц хранения)	отс. в 0,01г	отс. в 0,01г	100	м1 × 10 ¹
Кокосовая стружка (3 месяца хранения)	отс. в 0,01г	отс. в 0,01г	100	м1 × 10 ¹
Кокосовая стружка (6 месяцев хранения)	отс. в 0,01г	отс. в 0,01г	100	м1 × 10 ¹

Анализ комплекса сенсорных характеристик свежееизготовленных конфет с применением 5 балловой шкалы и дескрипторного анализа свидетельствует о высоких вкусо-ароматических свойствах, так общая оценка как контрольного, так и опытных образцов конфет составила 5 баллов по каждому органолептическому показателю (вкус, аромат, консистенция, внешний вид).

По результатам дегустации и количественного описательного анализа была построена профилограмма контрольного образца свежееизготовленных конфет (Рисунок 1), в котором присутствуют все ингредиенты, для его дальнейшего сравнения с другими анализируемыми образцами в процессе их хранения.

В процессе хранения конфет в течение 3 месяцев существенных изменений органолептических свойств не отмечено.

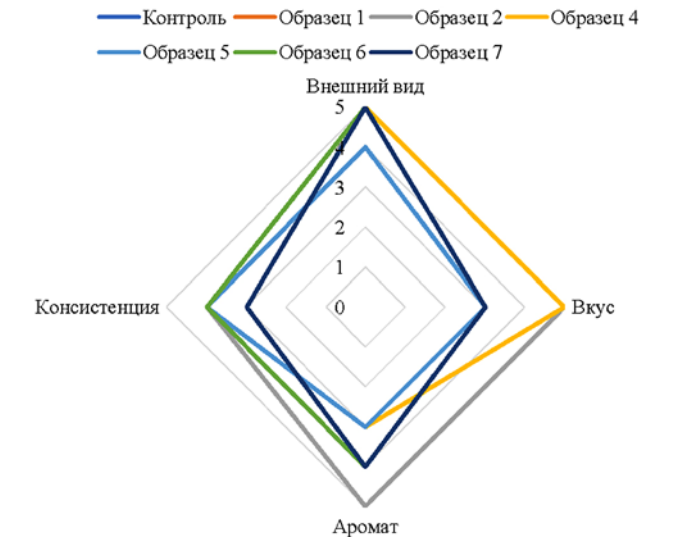
В то же время, по истечению 7 месяцев общая максимальная суммарная оценка по выбранным органолептическим показателям (вкус, аромат, консистенция, внешний вид) у образца 2 (без кокосовой стружки) составила 19 баллов и отличается от образца 1 (без сухой молочной сыворотка) на 5 баллов и от образца 3 (без кокосового масла) на 2 балла (Рисунок 2).

Профилограмма 2, представленная на Рисунке 2, позволяет констатировать, что кокосовая стружка вносит существенный вклад в формирование вкусоароматического комплекса конфет.

Таким образом, полученные результаты подтверждают ранее выдвинутую гипотезу, что высокожирная ко-

Рисунок 2
Органолептическая оценка исследуемых образцов конфет по истечению 7 месяцев хранения

Figure 2
Organoleptic Test of the Studied Candy Samples After 7 Months of Storage



совая стружка играет важную роль в процессе прогоркания, а данный процесс, возможно, свидетельствует о расщеплении жирных кислот продукта ферментами липазы (Рисунок 3). Как видно из представленной профилограммы образцы 1, 2 и 3 подверглись значительным изменениям, поэтому весьма интересно рассмотреть вкус конфет только этих образцов.

Рисунок 1
Профилограмма вкуса свежееизготовленного контрольного образца

Figure 1
Taste Profile of a Freshly Prepared Control Sample

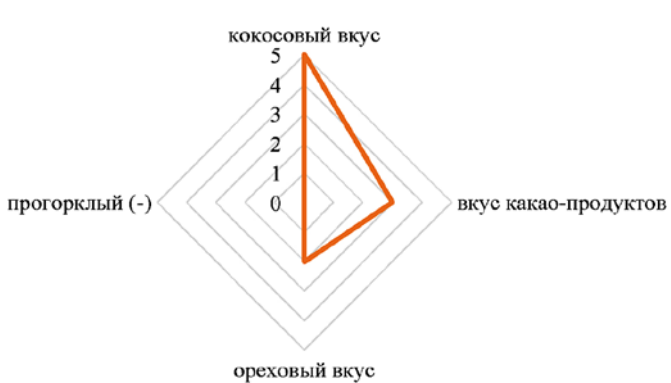
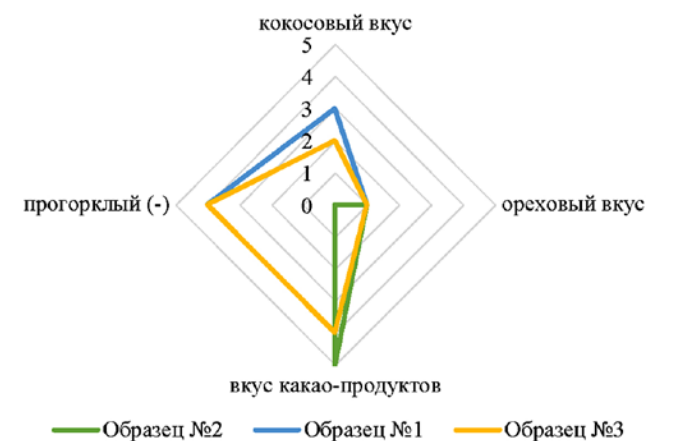


Рисунок 3
Профилограмма вкуса кокосовых конфет через 7 месяцев хранения

Figure 3
Taste Profile of Coconut Candies After 7 Months of Storage



Как свидетельствует представленная на рисунке 3 профиллограмма — кокосовый оттенок вкуса стал менее выраженным у двух образцов конфет (образцы 1,3), в то время как, образец 2 продемонстрировал стабильность вкусовых достоинств при хранении, что еще раз указывает на существенную роль кокосовой стружки на процессы прогоркания.

Как известно, снижение органолептических свойств жиродержащих конфет при хранении непосредственно связано с процессами кристаллизации и черствения, являющимися следствием потери части влаги.

Поэтому на следующем этапе исследований была установлена взаимосвязь структурно-механических свойств конфет с их сенсорными характеристиками.

Визуализация данных исследований представлена для образца 1, поскольку именно он подвергся существенным изменениям структурно-механических свойств (Рисунок 4, 5, 6).

На вышеприведенных рисунках видно, что корпус шоколадной конфеты с течением времени становится более твердым, а значит структурно-механические свойства изменяются, что в свою очередь оказывает влияние на текстуру конфет, и, возможно, это явление связано с активностью воды изделий (Рисунок 7).

Уровень активности воды у свежееизготовленных кокосовых конфет находился в пределах 0,568–0,671, причем наименьшее значение анализируемого показателя характерно для образца 6 (в котором отсутствует

Рисунок 4

Твердость корпусов свежееизготовленных конфет (образец 1)

Figure 4

Hardness of Freshly Made Candy Shells (Sample 1)

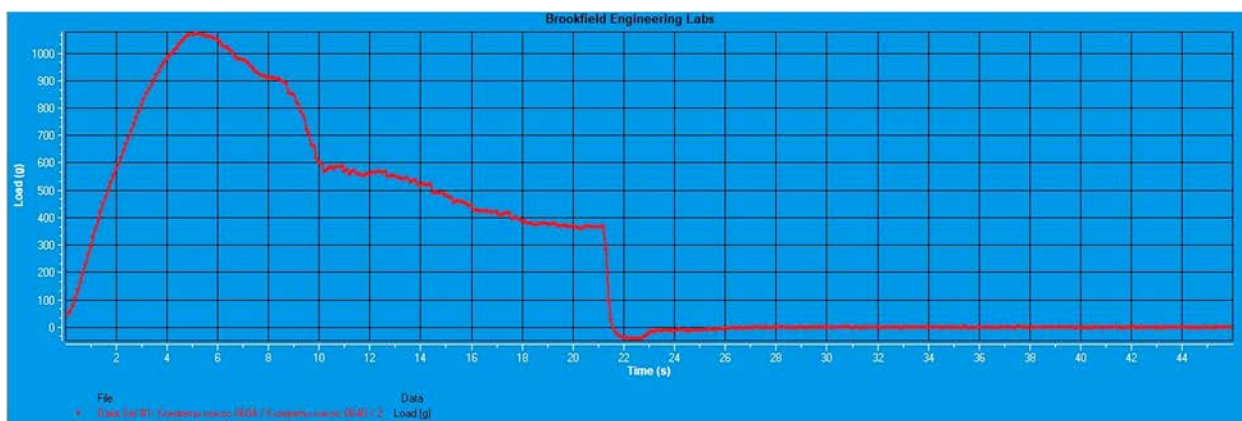


Рисунок 5

Твердость корпусов конфет после 3 месяцев хранения (образец 1)

Figure 5

Hardness of Candy Shells After 3 Months of Storage (Sample 1)

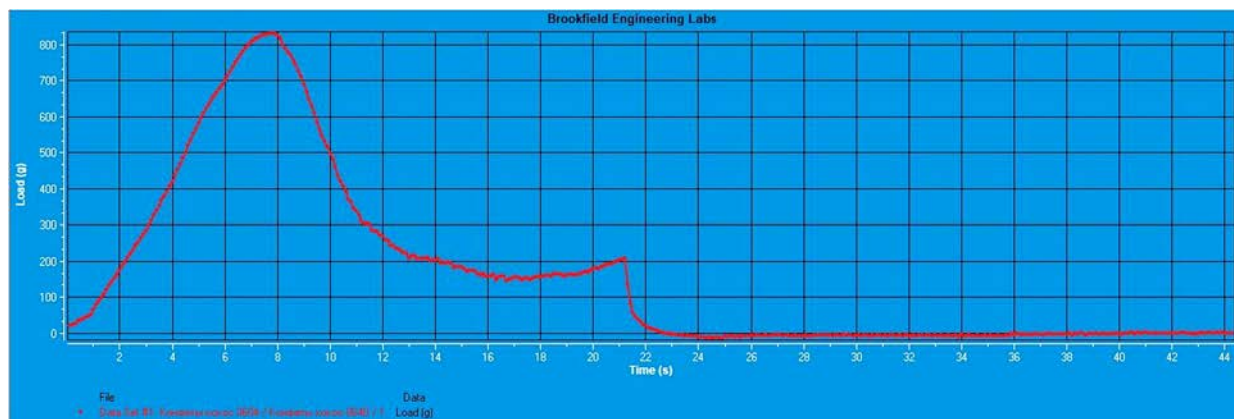


Рисунок 4
Твердость корпусов свежеизготовленных конфет (образец 1)
Figure 4
Hardness of Freshly Made Candy Shells (Sample 1)

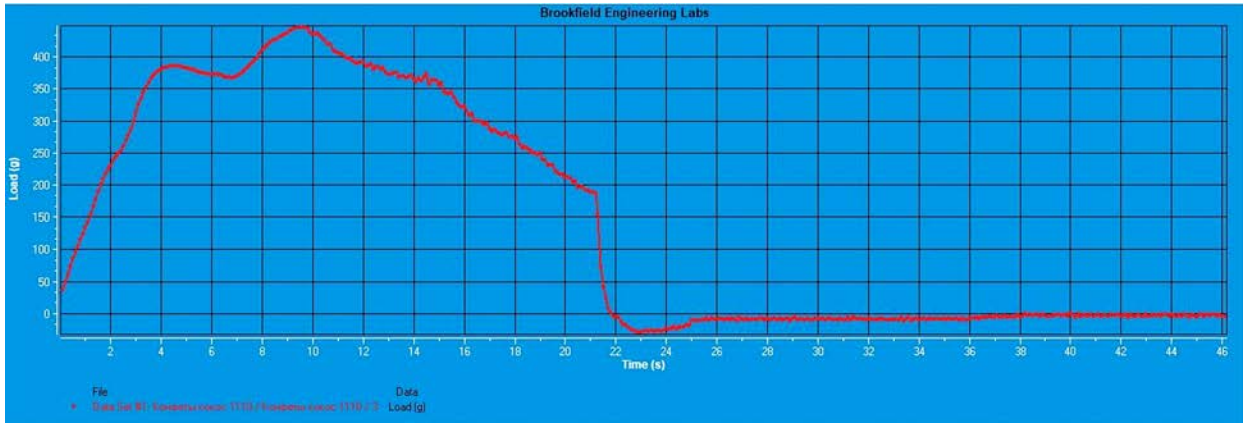
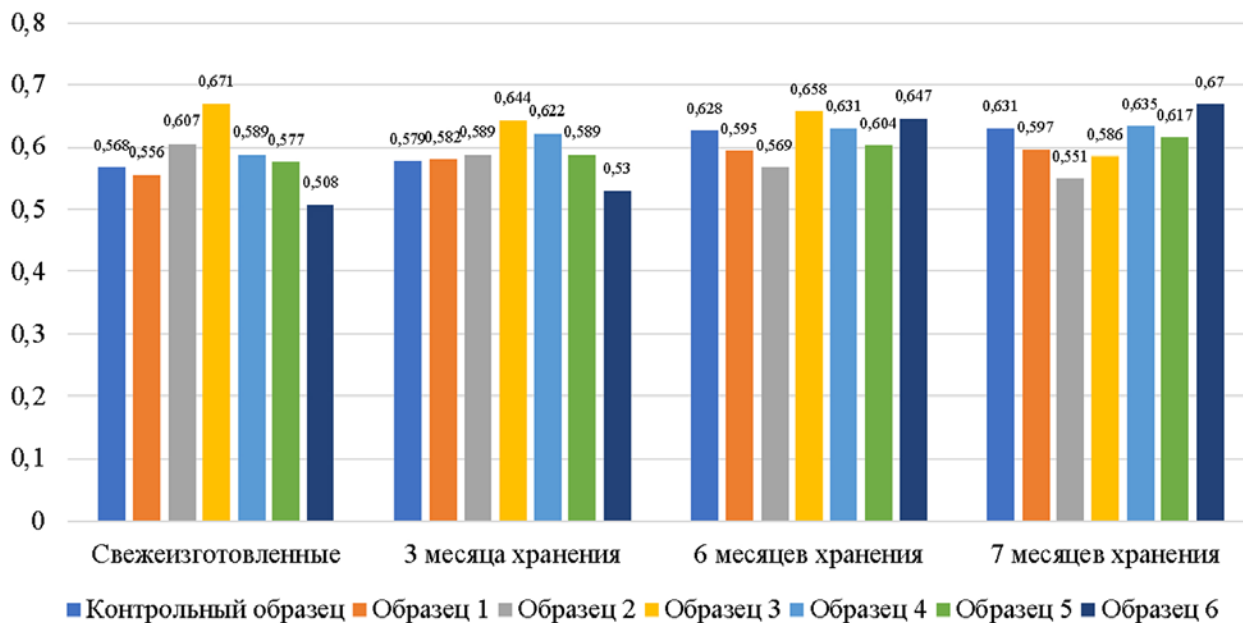


Рисунок 7
Динамика показателя «активность воды» при хранении кокосовых конфет, глазированных молочным шоколадом
Figure 7
Dynamics of the “Water Activity” Indicator During Storage of Coconut Candies Coated with Milk Chocolate



глицерин), а наибольшее для образца 3 (в котором исключено кокосовое масло). При последующем хранении наблюдается увеличение активности воды в контрольном образце и опытных под номерами: 1, 4, 5, 6, а у остальных: 2 и 3 — снижается на протяжении всего периода хранения.

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что активность воды в опытном образце конфет

не оказывает существенного влияния на их структуру, а свидетельствует о протекании окислительных процессов.

Резюмируя вышесказанное, на заключительном этапе наших исследований была проведена оценка микробиологических показателей именно опытного образца конфет №1 с кокосовой стружкой, результаты которых приведены в Таблице 4.

Таблица 4
Динамика микробиологических показателей образца 1 в процессе хранения
Table 4
Dynamics of Microbiological Parameters of Sample 1 During Storage

Длительность хранения	БГКП не допускается в 0,01	КМАФАНМ не более 5*10 КОЕ/г	Плесени Не более 100 КОЕ/г
Свежеизготовленные	отс. в 0,01г	2,4 × 10 ³	м1 × 10 ¹
3 месяца хранения	отс. в 0,01г	8 × 10 ²	м1 × 10 ¹
6 месяцев хранения	отс. в 0,01г	6,7 × 10 ²	м1 × 10 ¹
7 месяцев хранения	отс. в 0,01г	1,5 × 10 ³	м1 × 10 ¹

Совокупность полученных данных подтвердила мнение о том, что использование высокожирной кокосовой стружки приводит к улучшению вкусовых достоинств кокосовых кондитерских изделий, но не способствует стабильности сенсорных характеристик и структурно-механических свойств конфет при их хранении. При этом отмечена стабильность микробиологических показателей конфет в течение 7 месяцев хранения. Следовательно, очевидна необходимость дальнейшего совершенствования технологии производства и рецептуры исследуемых конфет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты комплексных исследований шоколадных кокосовых конфет позволяют констатировать, что именно высокожирная кокосовая стружка являются причиной появления в конфете прогорклого вкуса. Кроме того, изменение структурно-механических свойств сопряжено как с черствением корпусов кокосовых конфет, так и вытеканием кокосового масла на поверхность шоколадных изделий (как было ранее нами установлено). Полученные результаты явились научной базой для разработки способа конфет с улучшенными потребительскими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

Головизнина, М. С., Рыжакова, А. В., Бодрова, Г. Г., & Овчинников, С. Г. (2025). Разработка методики и внедрение алгоритма оценки кокосовой стружки на кондитерском предприятии. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 91(2), 78–84.

Goloviznina, M. S., Ryzhakova, A. V., Bodrova, G. G., & Ovchinnikov, S. G (2025). Development of methodology and implementation of algorithm for evaluating coconut flakes at a confectionery factory. *Technology and the Study of Merchandise of Innovative Foodstuffs*, 91(2), 78–84. (In Russ.)

Двоеженова, Е. А., Жабанос, Н. К., Муха, Д. В., & Фурик, Н. Н. (2022). Биохимическая активность культур молочнокислых бактерий, перспективных для использования при изготовлении сыров с пониженным содержанием жира. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*, (17), 129–139.

ВКЛАД АВТОРОВ

Рыжакова А.В.: Разработка методологии исследования, научное руководство исследованием, анализ полученных в ходе исследования данных, редактирование рукописи.

Головизнина М.С.: Подбор образцов, проведение исследования и дегустаций, интерпретация полученных данных, подготовка и создание рукописи.

AUTHORS CONTRIBUTION

STATEMENT

Marina S. Goloviznina: methodology, supervision, data analysis, writing-review & editing

Alla V. Ryzhakova: investigation — selection of samples, conducting research and testings, interpretation of the obtained data, writing — original draft preparation

- Dvoezhenova, E. A., Zhabanos, N. K., Mukha, D. V., & Furik, N. N. (2022). Biochemical activity of lactic acid bacteria cultures promising for use in the manufacture of low-fat cheeses. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*, (17), 129–139. (In Russ.)
- Кондратьев, Н. Б., Осипов, М. В., & Петрова, Н. А. (2020). Некоторые аспекты обоснования срока годности кондитерских изделий с промежуточной влажностью. В *Торты. Вафли. Печенье. Пряники – 2020. Производство – Рынок – Потребитель* (с. 28–30).
- Kondratiev, N. B., Osipov, M. V., & Petrova, N. A. (2020). Some aspects of substantiating the shelf life of confectionery products with intermediate humidity. In *Cakes. Wafers. Cookies. Gingerbread – 2020. Production – Market – Consumer* (pp. 28–30). (In Russ.)
- Лаврухин, М. А., Руденко, О. С., Кондратьев, Н. Б., Баженова, А. Е., & Осипов, М. В. (2021). Ингибирование липолитической активности в модельных пищевых системах. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 75–85. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.213>
- Lavrukhin, M. A., Rudenko, O. S., Kondratiev, N. B., Bazhenova, A. E., & Osipov, M. V. (2021). Inhibition of lipolytic activity in model food systems. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 75–85. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.213> (In Russ.)
- Руденко, О. С., Кондратьев, Н. Б., Пестерев, М. А., Баженова, А. Е., & Линовская, Н. В. (2019). Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 81(4), 62–70. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70>
- Rudenko, O. S., Kondratiev, N. B., Pesterev, M. A., Bazhenova, A. E., & Linovskaya, N. V. (2019). Correlation of lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric type fats. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 81(4), 62–70. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70> (In Russ.)
- Скокан, Л. Е., Руденко, О. С., Осипов, М. В., Кондратьев, Н. Б., & Парашина, Ф. И. (2015). Липаза как один из факторов конкурентоспособности кондитерских изделий. *Кондитерское производство*, (4), 19–21.
- Skokan, L. E., Rudenko, O. S., Osipov, M. V., Kondratyev, N. B., & Parashina, F. I. (2015). Lipase as one of the factors of confectionery competitiveness. *Konditerskoe Proizvodstvo*, (4), 19–21. (In Russ.)
- Kumar, R. R., Bhargava, D. V., Pandit, K., Goswami, S., Mukesh Shankar, S., Singh, S. P., Rai, G. K., Satyavathi C. T., & Shelly Praveen, S. (2021). Lipase – The fascinating dynamics of enzyme in seed storage and germination – A real challenge to pearl millet. *Food Chemistry*, 361, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130031>
- Cieh, N. L., Mokhtar, M. N., Baharuddin, A. S., Mohammed, M. A. P., & Wakisaka, M. (2023). Progress on Lipase Immobilization Technology in Edible Oil and Fat Modifications. *Food Reviews International*, 40(1), 457–503. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2172427>
- Li, Q., Liu, K., Cai, G., Yang X., Ki Ngo, J.C. (2024). Developing lipase inhibitor as a novel approach to address the rice bran rancidity issue – A critical review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(7), 3277–3290. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c07492>
- Mirmiran, P., Hosseini, S., & Hosseinpour-Niazi, S. (2019). Hydrogenated vegetable oils and trans fatty acids: Profile and application to diabetes. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*, 19–32. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813822-9.00002-3>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

Ультрапереработанные продукты питания: методы снижения их калорийности и повышения пищевой ценности (Обзор предметного поля)

Л.Ч. Бурак

ООО «БЕЛПРОСАКВА», Минск,
Республика Беларусь

Корреспонденция:

Бурак Леонид Чеславович,
ООО «Белпросаква», 220015, Республика
Беларусь, г. Минск, ул. Пономаренко, 35а
E-mail: leonidburak@gmail.com

Конфликт интересов:

автор заявляет об отсутствии
конфликта интересов.

Поступила: 04.03.2025

Поступила после
рецензирования: 15.05.2025

Принята: 30.06.2025

Copyright: © 2025 Автор

АННОТАЦИЯ

Введение: Ультрапереработанные пищевые продукты (УПП) становятся всё более заметной частью современного рациона. Их удобство, длительный срок хранения и вкусовые качества объясняют высокий спрос. Однако одновременно растёт обеспокоенность их влиянием на здоровье, особенно в связи с повышенной калорийностью и сниженной пищевой ценностью. Несмотря на большое количество публикаций, до сих пор недостаточно обобщённых данных о том, какие именно компоненты УПП и в каком сочетании наиболее негативно влияют на здоровье, а также какие технологические подходы позволяют смягчить эти последствия. Настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела.

Цель исследования: Проанализировать научные данные о составе и свойствах ультрапереработанных продуктов, их влиянии на здоровье потребителей, а также рассмотреть эффективные способы снижения их калорийности и повышения пищевой ценности.

Материалы и методы: В качестве источников использованы научные публикации на русском и английском языках, опубликованные в 2014–2025 гг. Поиск зарубежных работ проводился в базах данных Scopus, PubMed и Web of Science; русскоязычные источники отбирались в системе РИНЦ по релевантным ключевым словам. Отобранные источники были подвергнуты систематизации, критическому анализу и обобщению.

Результаты. Установлено, что частое употребление УПП связано с дисбалансом в рационе — избытком простых углеводов и трансжиров при одновременном дефиците белков, пищевых волокон и микроэлементов. Это увеличивает риск развития хронических неинфекционных заболеваний, включая ожирение, диабет 2 типа и сердечно-сосудистые патологии. Обоснована необходимость снижения энергетической плотности таких продуктов, изменения их текстурных характеристик и обогащения функциональными ингредиентами (витаминами, антиоксидантами, пищевыми волокнами), способствующими более выраженному насыщению и снижению риска переедания. Подчёркивается необходимость комплексного подхода к реформулированию УПП с участием научного сообщества и индустрии.

Выводы: Последовательное сокращение доли ультрапереработанных продуктов в рационе населения и развитие пищевых технологий, направленных на повышение их питательной ценности, являются ключевыми направлениями профилактики хронических заболеваний и укрепления здоровья. Результаты данного обзора могут быть использованы для дальнейших научных исследований, а также представлять интерес для специалистов пищевой промышленности при разработке УПП и создании функциональных продуктов с низким метаболическим риском.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ультрапереработанные продукты; пищевая ценность; калорийность; нутриенты; пищевая безопасность; профилактика заболеваний; состав пищевых продуктов



Для цитирования: Бурак, Л. Ч. (2025). Ультрапереработанные продукты питания: методы снижения их калорийности и повышения пищевой ценности (Обзор предметного поля). *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 41–75. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

Processed Foods: Methods to Reduce Their Caloric Content and Increase Their Nutritional Value (Scoping Review)

Leonid Ch. Burak

LLC "BELROSAKVA", Republic of Belarus

Correspondence:

Leonid Ch. Burak,
Belrosakva LLC, 35a, Ponomarenko St.,
Minsk, 220015, Republic of Belarus
E-mail: leonidburak@gmail.com

Declaration of competing interest:

none declared.

Received: 04.03.2025

Received in revised form: 15.05.2025

Accepted: 30.06.2025

Copyright: © 2025 The Author

ABSTRACT

Introduction: Ultra-processed foods (UPF) are becoming an increasingly prominent part of the modern diet. Their convenience, long shelf life, and taste explain the high demand. However, there is also growing concern about their impact on health, especially due to their increased caloric content and reduced nutritional value. Despite a large number of publications, there is still insufficient generalized data on which components of UPF and in what combination have the most negative impact on health, as well as what technological approaches can mitigate these effects. This study aims to fill this gap.

Purpose of the study: To analyze scientific data on the composition and properties of ultra-processed foods, their impact on consumer health, and to consider effective ways to reduce their caloric content and increase their nutritional value.

Materials and methods: The sources used were scientific publications in Russian and English published in 2014–2025. The search for foreign works was conducted in the Scopus, PubMed, and Web of Science databases; Russian-language sources were selected in the RSCI system by relevant keywords. The selected sources were systematized, critically analyzed and summarized.

Results. It was found that frequent consumption of ultra-processed foods is associated with an imbalance in the diet – an excess of simple carbohydrates and trans fats with a simultaneous deficiency of proteins, dietary fiber and microelements. This increases the risk of developing chronic non-communicable diseases, including obesity, type 2 diabetes and cardiovascular pathologies. The need to reduce the energy density of such products, change their textural characteristics and enrich them with functional ingredients (vitamins, antioxidants, dietary fiber), which contribute to more pronounced satiety and reduce the risk of overeating, is substantiated. The need for an integrated approach to reforming the UPP with the participation of the scientific community and industry is emphasized.

Conclusions: A consistent reduction in the share of ultra-processed foods in the population's diet and the development of food technologies aimed at increasing their nutritional value are key areas for the prevention of chronic diseases and health promotion. The results of this review can be used for further scientific research and also be of interest to food industry specialists in the development of UPP and the creation of functional products with low metabolic risk.

KEYWORDS

ultra-processed foods; nutritional value; caloric content; nutrients; food safety; disease prevention; food composition



To cite: Burak, L. Ch. (2025). Ultra-processed foods: methods to reduce their caloric content and increase their nutritional value (Review of the subject field). *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 41–75. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная переработка пищевых продуктов традиционно рассматривается как один из ключевых факторов, обеспечивающих продовольственную безопасность, доступность питания и улучшение условий жизни (Бурак, 2025). Современные технологические процессы позволяют повышать органолептические и микробиологические характеристики продукции, продлевать срок её хранения и адаптировать пищу к условиям масштабного распределения и потребления (Бурак, 2024). Благодаря этим достижениям пищевой рынок предлагает широкий ассортимент удобных и стабильных по качеству продуктов, что позволило освободить человека от значительной части трудозатрат, связанных с производством, хранением и приготовлением пищи в домашних условиях.

Однако с ростом доли таких продуктов в повседневном рационе на первый план выходит проблема их качества в диетологическом и физиологическом аспектах. Всё чаще объектом научного и общественного внимания становятся так называемые ультрапереработанные продукты (УПП), характеризующиеся высокой степенью технологической модификации, низкой пищевой ценностью и повышенной энергетической плотностью. В работах Monteiro et al. (2019a; 2019b) и Cordova et al. (2023) подчеркивается, что регулярное потребление УПП ассоциируется с увеличением риска ряда хронических заболеваний, включая ожирение, гипертонию, диабет и сердечно-сосудистые патологии. Согласно концепции, предложенной Карлосом Аугусто Монтейро (Monteiro et al. (2018), УПП представляют собой продукты, в которых основную массу составляют изолированные компоненты (рафинированные крахмалы, сахара, жиры), прошедшие многочисленные стадии переработки и дополненные пищевыми добавками, имитирующими вкус, запах и текстуру традиционной пищи.

Несмотря на рекомендации ограничить потребление УПП, распространённость этих продуктов продолжает расти, в том числе за счёт привлекательного вкуса, доступности и маркетинговой активности. Одновременно научное сообщество акцентирует необходимость поиска решений, позволяющих снизить потенциальный вред от их употребления (Zhang & Giovannucci, 2022; Fanzo et al., 2023). В частности, Shkrabtak (2022) обращает внимание на высокое содержание в УПП добавленных сахаров, трансжиров и натрия (компонентов, значимое потребление которых нарушает метаболические процессы и может способствовать развитию воспалительных и обменных нарушений).

На этом фоне возникает очевидная необходимость в научно обоснованной переработке подходов к производству УПП. Требуется разработка технологических решений, позволяющих улучшить их пищевой профиль — в том

числе за счёт снижения калорийности, увеличения содержания белков, пищевых волокон, витаминов и других биологически активных компонентов (Fanzo et al., 2023). Несмотря на растущее количество исследований в данной области, остаются нерешёнными вопросы о том, какие стратегии оптимизации состава оказываются наиболее эффективными с точки зрения влияния на здоровье потребителей и каковы реальные механизмы этого воздействия. Поэтому целью текущего обзора является обобщение и критический анализ научных данных, касающихся ультрапереработанных пищевых продуктов: их классификации, пищевого состава, влияния на здоровье потребителей, а также оценки существующих технологических подходов к снижению калорийности и повышению пищевой ценности данной категории продуктов.

Для достижения этой цели поставлены следующие исследовательские вопросы:

RQQ#1: Какова роль системы NOVA в классификации ультрапереработанных продуктов, и какие альтернативные подходы к классификации предлагаются в современной литературе?

RQQ#2: Какие различия в пищевой ценности прослеживаются между продуктами, прошедшими разную степень промышленной переработки?

RQQ#3: Через какие механизмы потребление ультрапереработанных продуктов ассоциируется с повышенным риском хронических заболеваний?

RQQ#4: Какие методы технологической модификации состава УПП (например, снижение содержания сахаров и жиров, обогащение белками, клетчаткой и биоактивными компонентами) демонстрируют наибольший потенциал в снижении их негативного воздействия на здоровье?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование представляет собой систематический структурированный обзор научной литературы. Несмотря на отсутствие предварительно зарегистрированного протокола, поиск и анализ источников проводились последовательно и с соблюдением базовых принципов научной добросовестности.

Извлечение и отбор источников

Поиск научных публикаций осуществлялся в четырёх библиографических базах: PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar. Дополнительно были проанализированы релевантные русскоязычные статьи, найденные в РИНЦ. В поисковой стратегии использовались ключевые

чевые слова и их сочетания, включая: «*ultra-processed food*», «*nutritional value*», «*calorie reduction*», «*bioactive compounds*», «*functional ingredients*». Временной интервал поиска охватывал период с 2014 по 2025 год.

На этапе первичного отбора источников на английском языке учитывались следующие критерии включения:

- (1) соответствие теме обзора (наличие данных о классификации, составе, влиянии на здоровье и методах улучшения УПП);
- (2) научный тип публикации (оригинальные статьи, обзорные исследования, краткие научные сообщения);
- (3) доступность полной версии статьи.

Из анализа исключались:

- (1) публикации, не содержащие эмпирических данных или аналитических обобщений по теме УПП;
- (2) дублирующиеся материалы из разных баз данных, при этом учитывалась только одна версия каждой статьи.

В результате поисковых запросов было из разных баз данных отобрано всего 1352 научные публикации: Scopus — 548, PubMed- 486 и Web of Science — 318.

После исключения дублирующих и нерелевантных источников для проведения анализа и извлечения данных использовали 241 научную публикацию на английском языке. Дополнительно включены 19 релевантных источников на русском языке, найденные в РИНЦ.

Анализ источников и извлечение данных

После завершения этапа извлечения источников была проведена многоэтапная процедура анализа и систематизации данных. На первом этапе все публикации были проверены на предмет дублирования: при наличии совпадающих названий, авторов и годов публикации в разных базах данных, статьи сопоставлялись по полному тексту, и в финальный массив включалась только одна версия каждой работы. Удаление дубликатов осуществлялось вручную, с занесением сведений о повторяющихся записях в отдельную таблицу.

Далее каждая отобранная статья была как минимум дважды проанализирована:

- (1) На первом этапе анализировалась структура статьи, аннотация и ключевые слова для определения релевантности;
- (2) На втором — производилось углубленное чтение полного текста с занесением в аналитическую таблицу следующих данных из текста статьи: тип статьи, объект исследования, используемая классификация продуктов, описываемые риски или эффекты, предложенные технологии модификации состава.

Систематизация и концептуализация

На этапе систематизации данных реализовывалась индуктивная категоризация: тематические направления сформированы не на основе заранее заданной схемы, а как результат многократного сопоставления исследуемых аспектов в анализируемых работах. Выделенные четыре направления, таким образом, сложились как устойчивые кластеры внутри эмпирического массива:

- (1) Классификация УПП (обнаружено значительное количество работ, опирающихся на NOVA или предлагающих альтернативы);
- (2) Пищевой состав и нутриентный профиль (объединены исследования, сравнивающие уровни сахаров, жиров, клетчатки и биоактивных компонентов в продуктах разной степени обработки);
- (3) Связь с рисками для здоровья (идентифицированы статьи с фокусом на патофизиологические последствия потребления УПП);
- (4) Технологии улучшения состава (выделены публикации, описывающие практики и инновации в области снижения калорийности, обогащения и переработки).

Каждая публикация могла быть отнесена к нескольким направлениям одновременно, если её содержание охватывало более одного аналитического вектора. Итоговая таблица, составленная в ходе анализа, позволила не только систематизировать информацию, но и выявить перекрестные темы, а также выявить пробелы в представленных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика ультрапереработанных пищевых продуктов. Классификация NOVA

В 2009 году профессор Монтейро и его коллеги представили концепцию УПП и разработали схему классификации NOVA, позволяющую характеризовать продукты питания и пищевые ингредиенты, главным образом, на основе степени их обработки. В схеме классификации NOVA неявно просматривается мнение о том, что чем выше степень промышленной переработки, тем хуже пищевая ценность пищевого продукта. В классификационной схеме NOVA продукты питания и пищевые ингредиенты разделены на четыре основные группы (Monteiro et al., 2018):

Группа 1: Необработанные или минимально обработанные продукты: перед употреблением подвергаются незначительной промышленной обработке или не подвергаются никакой обработке. Эти такие продукты как цельномышечное мясо, морепродукты, яйца, молоко, фрукты, овощи и орехи.

Группа 2 : Обработанные кулинарные ингредиенты: получены из натуральных веществ, которые подвергаются только простым традиционным методам обработки, таким как прессование, измельчение, помол, сушка и рафинирование. Эти ингредиенты включают сахар, соли, крахмалы, муку, растительные масла, сливочное масло и сало.

Группа 3: Обработанные пищевые продукты: производятся путем объединения необработанных или минимально обработанных пищевых продуктов (Группа 1) с обработанными кулинарными ингредиентами (Группа 2) с использованием простых методов приготовления, таких как соление, маринование, копчение или ферментация. К таким продуктам относятся соленое, маринованное, вяленое или копченое мясо и рыба; консервы рыбные, фрукты и овощи; домашнее фруктовое варенье (джемы); домашний хлеб; и традиционные сыры. Обработанные продукты содержат незначительное количество ингредиентов и создаются с использованием методов приготовления, которые также можно применить и в домашних условиях или ресторанах, за исключением упаковки.

Группа 4: Ультрапереработанные пищевые продукты: содержат множество высокоочищенных ингредиентов (включая добавки) и подвергаются нескольким операциям промышленной обработки. В эту категорию входят различные виды напитков, хлебобулочных изделий, закусок, кондитерских изделий, десертов, восстановленных мясных продуктов и готовых блюд. Операции промышленной обработки, используемые для производства этих продуктов, такие как экструзия, центрифугирование, ультрафильтрация или гомогенизация под высоким давлением, как правило невозможно использовать в условиях домашнего приготовления продуктов или в системе общественного питания.

Несмотря на широкое применение данной классификации, полезность и эффективность схемы классификации NOVA подверглась критике со стороны некоторых ученых (Astrup & Monteiro, 2022 ; Forde & Decker, 2022; Messina et al., 2022). В частности, было предложено, чтобы конкретные пищевые продукты оценивались на основе их пищевой ценности и воздействия на здоровье, а не просто на основе степени их обработки. Во многих процессах промышленная обработка пищевых продуктов имеет важные преимущества, такие как удаление или дезактивация вредных веществ, улучшение приемлемости и качественных показателей, снижение затрат, продление срока годности, сокращение пищевых отходов, повышение усвояемости белков и повышение биодоступности витаминов и минералов. Таким образом, тот факт, что пища подверглась значительной промышленной переработке, не обязательно означает, что она вредна для здоровья.

Характеристика наиболее потребляемых УПП

Многие пищевые продукты, пользующиеся широкой популярностью среди потребителей, по своему составу и технологии производства классифицируются как ультрапереработанные (Monteiro et al., 2019a; 2019b). Ряд исследований был направлен на выявление динамики потребления основных категорий таких продуктов, а также на анализ их распространенности в национальных продовольственных системах (Juul et al., 2022). Наиболее часто употребляемые представители УПП, установленные на основании совокупности эмпирических данных и аналитических отчетов о структуре современного потребления, приведены в Таблице 1.

Таблица 1
Динамика потребления ультрапереработанных пищевых продуктов в 2015–2023 годах (Juul et al., 2022)
Table 1
Dynamics of Consumption of Ultra-Processed Foods in 2015–2023 (Juul et al., 2022)

Наименование	Потребление в 2015 году (% от общего рациона)	Потребление в 2023 году (% от общего рациона)	Изменение потребления (%)
Газированные напитки	15	12	-20
Шоколадные батончики и конфеты	10	11	+10
Снеки (чипсы, крекеры)	8	9	+12.5
Готовые замороженные блюда	7	8	+14.3
Пакетированные хлебобулочные изделия	6	5	-16.7
Фастфуд	12	14	+16.7
Пакетированные завтраки	5	6	+20
Энергетические напитки	3	4	+33.3

Примечание: Изменения в потреблении отражают глобальные изменения в питании и образе жизни, но могут отличаться в зависимости от региона и культурных особенностей
Note: Changes in consumption reflect global changes in diet and lifestyle, but may vary by region and culture.

Напитки

Ученые-диетологи включили в категорию УПП несколько видов напитков, в том числе газированные безалкогольные напитки, негазированные фруктовые напитки, энергетические напитки, молочные напитки, какао-напитки, детские смеси и напитки-заменители еды (Monteiro et al., 2019a). К сожалению, данные ультраобработанные напитки употребляют вместо более полезных для организма альтернативных напитков, таких как вода, молоко или фруктовые соки. В Таблице 2. представлены пищевая и энергетическая ценность некоторых ультрапереработанных напитков в сравнении с таковыми в воде, молоке (2 %) и свежавыжатом апельсиновом соке. Пищевой состав и энергетическая ценность безалкогольного напитка и апельсинового сока довольно схожи, но апельсиновый сок содержит фитохимические вещества и пищевые волокна, которые, как полагают, оказывают положительное влияние на здоровье (Ruxton & Myers, 2021). Более того, безалкогольные напитки потребляют в гораздо больших количествах, чем свежавыжатый апельсиновый сок, что приведет к увеличению общего потребления калорий и сахара. Молоко имеет более высокую калорийность, чем безалкогольный напиток, но его питательный профиль более сбалансирован и содержит жиры, белки и углеводы, а также витами-

ны и минералы. Фруктовый смузи и кофейный напиток мокко имеют относительно высокую энергетическую ценность и содержание сахара, и их можно употреблять в относительно больших объемах, что может привести к проблемам со здоровьем.

Несмотря на то, что многие потребители считают, что потребление свежавыжатых фруктовых соков полезно для здоровья следует отметить, что чрезмерное употребление также может иметь некоторые нежелательные последствия для здоровья (Auerbach et al., 2018; Hägele et al., 2018). Соки содержат пищевые волокна и фитохимические вещества из цельных плодов и ягод, но клеточная структура исходных фруктов нарушена, что значительно упрощает употребление большего количества фруктового сока, чем эквивалентного целого фрукта за один присест. Это приводит к употреблению большего количества сахара и калорий, и более того, нарушение клеточной структуры ткани плода означает, что сахара могут быстрее высвободиться и всасываться, что потенциально может привести к нарушению регуляции эндокринной системы. Сахара во фруктах представлены в основном сахарозой, фруктозой и глюкозой, которые придают сладость, но также могут иметь неблагоприятные последствия для здоровья (Merino et al., 2020; Бурак, 2024). Следовательно, употребление большого количе-

Таблица 2
Сравнение пищевой ценности продуктов питания и напитков, прошедших разную степень обработки
Table 2
Comparison of Nutritional Values of Food and Beverages that Have Undergone Different Degrees of Processing

Категория продуктов	Наименование	Калорийность (ккал)	Белки (г)	Жиры (г)	Углеводы (г)	Сахар (г)	Соль (г)
Натуральные продукты	Питьевая вода	0	0	0	0	0	0
	Яблоки	52	0,3	0,2	14	10	0
	Орехи	607	20	54	20	4	0,01
Минимально обработанные	Молоко	42	3,4	1	5	5	0,1
	Апельсиновый сок	45	0,7	0,2	10	8	0,02
	Фруктовый смузи	65	2,35	1,1	11,7	8,7	0,003
Обработанные продукты	Хлеб	265	9	3,2	49	5	0,5
	Детские смеси	500	10	25	60	30	0,5
Ультраобработанные продукты	Кока-кола	43	0	0	11	11	0.01
	Чипсы	536	7	35	50	0.3	1.2
	Снеки	550	7	35	50	5	1.5
	Кофейный напиток мокко	65	2	2	10	8	0.1
	Попкорн	538	8,69	31,1	56	0,3	763

Примечание: Представленные данные могут отличаться в зависимости от производителя и конкретной рецептуры (McClements, 2024)
Note: Data presented may vary depending on the manufacturer and specific formulation (McClements, 2024)

ства фруктовых соков также не рекомендуется с точки зрения питания. Вместе с тем включение умеренного количества фруктовых соков в сбалансированную диету благоприятно влияет на здоровье (Ruxton & Myers, 2021; Бурак 2023).

Аналоги молока на растительной основе включены в категорию ультрапереработанных напитков, несмотря на то что увеличение их потребления может иметь существенные преимущества для окружающей среды и устойчивости по сравнению с коровьим молоком, и они могут быть единственным вариантом молочного напитка для людей с непереносимостью лактозы (McClements et al., 2019). Исследования показали, что существуют значительные отличия в пищевой ценности молочных продуктов растительного происхождения в зависимости от того, как они производятся (McClements et al., 2019). Некоторые из них имеют высокое содержание калорий и сахара, а также низкий уровень белка, витаминов и минералов, что может иметь неблагоприятные последствия для здоровья, в то время как другие имеют состав, приближенный к составу коровьего молока. Следовательно, потребление молочных продуктов на растительной основе может иметь существенные экологические преимущества без вредного воздействия на здоровье при условии, что их состав правильно подобран и приготовлен.

Хлебобулочные изделия

Как известно хлебобулочные изделия обычно производятся из зерновых и технологический процесс включает этап выпекания. Ультрапереработанная выпечка используется в массовом производстве упакованного хлеба, булочек, крекеров, различной выпечки, торты, печенья и сухих завтраков, батончиков мюсли и энергетических батончиков (Monteiro et al., 2019b). Эти продукты, как правило, обладают высокой энергетической ценностью и часто содержат большое количество жиров, сахара и соли, а также легкоусвояемых крахмалов, которые в желудочно-кишечном тракте быстро превращаются в глюкозу. Относительно быстрое переваривание этих продуктов объясняется тем, что клеточные структуры злаков, используемых для их производства, разрушаются во время их производства (Tagliasco et al., 2022 ; Wang et al., 2023). Следовательно, после употребления этих продуктов может произойти скачок уровня глюкозы в крови, что связано с нарушением регуляции эндокринной (гормональной) системы, и влечет за собой переизбыток, увеличение веса и диабет (Ludwig et al., 2022).

В составе макронутриентов хлеба мало различий, за исключением того, что цельнозерновой хлеб имеет значительно более высокий уровень пищевых волокон, чем

белый хлеб. Кроме того, цельнозерновой хлеб может содержать больше неповрежденных клеточных структур, микроэлементов и фитохимических веществ, которые могут быть полезны для здоровья. В нескольких исследованиях сообщалось, что менее обработанный цельнозерновой хлеб переваривается медленнее, чем более обработанный белый хлеб, и, следовательно, вызывает меньшие постпрандиальные скачки уровня глюкозы в крови (Whitney & Simsek, 2017). Как правило, это объясняется тем, что цельнозерновой хлеб содержит больше пищевых волокон и неповрежденные клеточные структуры. Однако, при исследовании сравнения гликемической реакции пяти наиболее распространенных видов хлеба, потребляемых в Испании, включая белый и цельнозерновой хлеб, никаких существенных различий не установлено (Gonzalez-Anton et al., 2015). Результаты данного исследования показывают, что многие виды широко потребляемого хлеба могут оказывать нежелательное воздействие на уровень сахара в крови и реакцию инсулина. Аналогичные данные получены и для других видов выпечки из разных сортов муки (Lukhovy et al., 2014; Vinoy et al., 2013, 2017). Присутствие питательных веществ и их метаболитов в кровотоке после приема пищи зависит от их усвояемости и скорости всасывания (Bohl et al., 2023).

Закуски, кондитерские изделия и десерты

По мнению ученых-диетологов чрезмерное потребление ультрапереработанных закусок, кондитерских изделий и десертов является основным фактором нездорового питания (Monteiro et al., 2019a, 2019b). Закуски включают картофельные чипсы, крендели с солью, попкорн и воздушные кукурузные хлопья, кондитерские изделия включают шоколад и конфеты, а десерты включают мороженое, пудинги, муссы и подслащенные йогурты. Эти продукты обычно употребляются вместо более здоровых закусок, таких как орехи, фрукты или овощи, такие как миндаль, грецкие орехи, яблоки, апельсины, морковь или палочки сельдерея, поскольку потребители считают их более вкусными и желаемыми. Например, исследование потребителей среди подростков показало, что они предпочитают вкус ультрапереработанных яблочных закусок вкусу минимально обработанных или свежих яблок (Svisco et al., 2019). Ультрапереработанные закуски, как правило, имеют относительно высокую энергетическую ценность, содержат меньше микроэлементов и более высокий уровень жира, сахара, соли и усвояемого крахмала, чем традиционные закуски. Однако конкретная пищевая ценность закусок зависит от типа потребляемых закусок (Таблица 2). Орехи, такие как миндаль и грецкие орехи, имеют высокую калорийность из-за значительного содержания жиров, но они также содержат высокий уровень полезных липидов, белков, микроэлементов, пищевых волокон и фитохимических

веществ. Большинство часто потребляемых ультрапереработанных закусок, как правило, содержат высокий уровень углеводов (в основном крахмала), соли (натрия) и жиров (за исключением кренделей с солью). Более того, ультрапереработанные закуски зачастую более привлекательны с точки зрения органолептики, что может способствовать перееданию, приводящему к высокому потреблению калорий, поэтому необходимо ограничивать потребление таких продуктов (Ha et al., 2019).

Готовые блюда

Готовые блюда включают в себя целые блюда или части блюд, которые уже были приготовлены производителем продуктов питания, например, замороженные, охлажденные или сушеные блюда, которые потребитель может просто приготовить дома, например, поместив их в обычную микроволновую печь. Примеры готовых блюд включают замороженную или охлажденную пиццу; консервы или супы быстрого приготовления; лапша быстрого приготовления; мясные, картофельные и овощные блюда; блюда из карри и риса; и блюда из макарон и соусов. Многие из этих продуктов являются высококалорийными, привлекательными по вкусу и имеют в их составе, например, высокий уровень жиров, сахара, соли и легкоусвояемых крахмалов, что может иметь неблагоприятные последствия для здоровья. Следует подчеркнуть, что не все готовые блюда оказывают вредное влияние на здоровье (Remnant & Adams, 2015). В некоторых случаях размеры порций контролируются, чтобы избежать слишком большого количества калорий, содержание питательных веществ сбалансировано, а овощи готовятся так, чтобы они сохраняли большую часть своей первоначальной структуры, поэтому они не пережевываются и не перевариваются слишком быстро. Например, продукты бренда Healthy Choice® компании ConAgra Foods состоят из готовых блюд с тщательно контролируемым составом, например, <3 % жира, <1 % насыщенных жиров, 0 г трансжиров и <600 мг на порцию (McClements, 2024). Поэтому, готовые блюда следует рассматривать в каждом конкретном случае в соответствии с их пищевым профилем и усвояемостью.

Соусы, заправки и спреды

Ультраобработанные соусы, заправки и спреды являются примерами эмульгированных пищевых продуктов, которые состоят из небольших капель одной несмешиваемой жидкости, диспергированных в другой несмешиваемой жидкости (McClements, 2024; Monteiro et al., 2019a). Двумя наиболее распространенными несмешиваемыми жидкостями, содержащимися в эмульгированных пищевых продуктах, являются масло и вода,

которые могут быть в форме эмульсий масло в воде (М/В) или вода в масле (В/М). Соусы и заправки являются примерами эмульсий типа «масло/масло», которые содержат капли масла, диспергированные в воде, тогда как спреды (например, маргарин) являются примерами эмульсий типа «масло/масло», которые содержат капли воды, диспергированные в масле. Эти продукты также могут содержать различные добавки для улучшения их внешнего вида, текстуры, вкуса, вкусовых ощущений, срока годности или безопасности, такие как эмульгаторы, загустители, желеобразующие агенты, сахара, соли, красители, ароматизаторы и консерванты (McClements, 2021; Forde & Decker, 2022). Некоторые эмульгированные УПП имеют относительно высокую калорийность, поскольку содержат большое количество жиров, сахаров или крахмалов, например маргаины, майонез, заправки для салатов и некоторые приправы. В случае эмульсий типа «масло/вода» эти макронутриенты обычно перевариваются и всасываются относительно быстро по причине относительно небольших размеров и высокой удельной поверхности присутствующих капель жира и крахмальных гранул. В результате пищеварительные ферменты желудочно-кишечного тракта могут легко получить доступ к поверхности этих макронутриентов и быстро их переварить.

Переработанные продукты из мяса, морепродуктов и яиц и их аналоги растительного происхождения

Продукты из мяса или морепродуктов, которые были измельчены и восстановлены, такие как гамбургеры, колбасы и наггетсы, также классифицируются как УПП (Monteiro et al., 2019a; 2019b). Эти продукты обычно содержат более высокий уровень жиров, солей и крахмала, чем цельнонарезанное мясо или продукты из морепродуктов (например, говяжьи стейки, свиные отбивные, куриная грудка или рыбное филе), что может привести к снижению их пищевой ценности. Более того, их первоначальные клеточные структуры нарушаются, что облегчает их жевание и переваривание, что может способствовать перееданию и эндокринной дисрегуляции. Аналоги мяса, морепродуктов, молочных продуктов и яиц растительного происхождения также классифицируются как УПП, поскольку они содержат большое количество ингредиентов и подвергаются высокой степени обработки (McClements, 2023b). Следует отметить, что эти продукты растительного происхождения считаются гораздо более устойчивыми и экологически чистыми, чем продукты животного происхождения, которые они призваны заменить. Более того, они не требуют ежегодного выращивания и забоя миллиардов голов домашнего скота и, следовательно, имеют этические преимущества. Следовательно, было бы выгоднее употреблять такие виды УПП на растительной основе,

при условии, что они могут быть полезными и питательными (McClements, 2023b).

Предполагаемая причина неблагоприятных воздействий УПП на здоровье

Чрезмерное потребление УПП связано с различными неблагоприятными последствиями для здоровья, включая повышенный риск избыточного веса, ожирения, диабета, ишемической болезни сердца, воспалительных заболеваний кишечника, гипертонии и рака (Elizabeth et al., 2020). Возможность неблагоприятных последствий для здоровья объясняется различными причинами, включая замену цельных продуктов, повышенную энергетическую ценность, несбалансированные питательные вещества, деградацию пищевой матрицы, отсутствие фитохимических веществ и повышенную вкусовую привлекательность. В результате эти продукты могут оказывать нежелательное воздействие на обмен веществ, включая энергетическую перегрузку, эндокринные нарушения, дисбиоз кишечника, дисфункцию эндотелия, окислительный стресс и воспаление.

Замещение цельных продуктов ультрапереработанными

Рост потребления ультрапереработанных пищевых продуктов (УПП) часто сопровождается сокращением доли цельных продуктов и традиционно приготовленных домашних блюд в рационе. Это означает, что в меню человека реже присутствуют такие продукты, как мясо, рыба, яйца, фрукты, овощи, цельнозерновые культуры, крупы и орехи, а также блюда, приготовленные из них в домашних условиях — например, салаты, супы, тушеные или запеченные овощи и мясо (Monteiro & Astrup, 2022).

В отличие от УПП, цельные и домашние продукты, как правило, содержат значительно меньше пищевых добавок (в том числе красителей, ароматизаторов, эмульгаторов, гелеобразователей, загустителей и консервантов), применяемых в индустриальной переработке для улучшения внешнего вида, вкуса, текстуры, стабильности и срока хранения. Более того, такие продукты, как правило, характеризуются более сбалансированным соотношением макро- и микронутриентов (включая белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные вещества), а также более высокой степенью сохранности клеточной структуры исходного сырья (Бурак и др., 2024; Панькова, 2024). Это означает, что их переваривание требует большего времени, что может способствовать снижению риска переизбытка и ограничению постпрандиальных всплесков глюкозы в крови.

Тем не менее, приготовление пищи в домашних условиях не гарантирует её высокой питательной ценности. Домашние блюда могут также содержать чрезмерное количество насыщенных жиров, соли и сахара. Кроме того, в условиях отсутствия контроля порций домашнее питание также может способствовать избыточному потреблению энергии (Forde & Decker, 2022). Например, регулярное употребление высококалорийной домашней выпечки, несмотря на отсутствие технологической переработки, может повышать риск развития ожирения и метаболических нарушений. Как подчеркивает McClements (2019), порция завтрака, состоящая из хлопьев с молоком (УПП, группы 4 и 1 по NOVA), содержит около 165 ккал, тогда как три домашних блина с маслом и кленовым сиропом (группы 3 или 2 по NOVA) — до 780 ккал. В этом контексте частое потребление «домашних» калорийных блюд может быть не менее вредным, чем употребление умеренного количества УПП.

Результаты исследований, изучающих связь между частотой потребления домашней пищи и качеством диеты, демонстрируют неоднозначные выводы. Astbury et al. (2019) показали, что само по себе приготовление пищи дома не оказывает значимого влияния на общее качество питания, если рацион остается несбалансированным. Напротив, исследования Tucker et al. (2023) и Wolfson et al. (2020) указывают на то, что увеличение частоты приема пищи, приготовленной дома, может снижать общее потребление УПП и тем самым способствовать улучшению диетического профиля.

Таким образом, с точки зрения диетологии и превентивной медицины, оценка продуктов питания должна основываться не только на способе их приготовления (домашнем или индустриальном), но в первую очередь — на их составе, питательной плотности и потенциальном воздействии на здоровье. Следует учитывать и факторы продовольственной устойчивости. Как отмечают Бурак и др. (2023; 2024), цельные продукты, особенно в свежем виде, имеют более короткий срок хранения, что повышает риск пищевых потерь и отходов, а также требует строгого соблюдения условий безопасности на всех этапах логистики и потребления. Эти аспекты также следует учитывать при разработке стратегий рационального питания и оптимизации пищевых систем.

Высокая энергетическая ценность (калорийность)

Многие из неблагоприятных последствий УПП для здоровья связаны с их относительно высокой калорийностью (Monteiro & Astrup, 2022). Как правило, УПП содержат большое количество жиров и углеводов (например, добавленных сахаров и легкоусвояемых крахмалов), что делает их вкусными, но приводит к относительно вы-

Таблица 3

Сравнение энергетической ценности ультрапереработанных пищевых продуктов (группа 4 NOVA), обработанных пищевых продуктов (группа 3 NOVA) и цельных продуктов (группа 1 NOVA)

Table 3

Comparison of Energy Values of Ultra-Processed Foods (NOVA Group 4), Processed Foods (NOVA Group 3), and Whole Foods (NOVA Group 1)

Наименование продуктов	Группа по классификации NOVA	Энергетическая ценность ккал /100 г
Говядина (жареная)	Группа 1	219
Куриная грудка (тушеная)	Группа 1	166
Свинная отбивная (жареная)	Группа 1	202
Лосось (жареный)	Группа 1	259
Молоко (2 %)	Группа 1	50
Яйцо (омлет)	Группа 1	149
Яблоко (сырое)	Группа 1	61
Апельсин (сырой)	Группа 1	50
Арахис (нежареный)	Группа 1	567
Масло сливочное (палка)	Группа 2	743
Нут (консервированный)	Группа 3	146
Бекон (приготовленный)	Группа 3	449
Тунец (консервированный)	Группа 3	85
Колбаса (свинина)	Группа 4	325
Бургер (говядина)	Группа 4	292
Бургер (овощной, без булочки)	Группа 4	177
Майонез	Группа 4	714
Маргарин	Группа 4	717
Безалкогольный напиток (кола)	Группа 4	42
Хлеб (белый)	Группа 4	267
Печенье (сдобное)	Группа 4	401
Картофельные чипсы (обычные)	Группа 4	532
Чипсы-крендельки (обычные)	Группа 4	375
Кукурузные хлопья (обычные)	Группа 4	365
Пицца (сыр и мясо)	Группа 4	296
Шоколад (конфеты)	Группа 4	535
Мороженое (ванильное)	Группа 4	207

Примечание. Источник: McClements (2024).

Note. Source: McClements (2024).

сокой энергетической ценности. Следовательно, легко употребить большое количество калорий, даже не осознавая этого. В Таблице 3 представлена энергетическая ценность некоторых распространенных УПП, а также калорийность цельных и обработанных пищевых продуктов. Данное сравнение показывает, что многие часто потребляемые УПП (особенно закуска, кондитерские изделия, печенье и десерты) имеют более значительную энергетическую ценность, чем менее обработанные продукты. Поэтому существует необходимость снижать калорийность УПП, чего можно достичь с помощью различных способов.

Несбалансированный пищевой состав

С точки зрения качества питания зачастую пропорциональное соотношение макронутриентов (белков, жиров и углеводов) и микроэлементов (витаминов и минеральных веществ) в УПП несбалансированное (Monteiro & Astrup, 2022). Многие УПП содержат высокие уровни жиров, сахаров и солей, а также быстроусвояемых углеводов (БУУ), чрезмерное употребление которых связано с неблагоприятными последствиями для здоровья (Mozaffarian, 2016). Более того, УПП могут содержать относительно низкие уровни полезных питательных веществ, таких как витамины, минералы, белки, жирные кислоты омега-3 и пищевые волокна, поскольку они часто разрушаются и удаляются во время технологического процесса обработки. По этой причине, в пищевой промышленности предпринимались попытки изменить состав своих продуктов, чтобы они содержали более низкие пищевые сырьевые вещества, которые следует ограничивать, и более высокие уровни питательных веществ, которыми следует максимально обогащать УПП (Belc et al., 2019; Бурак и др., 2023а; Бурак и др., 2023б).

Основной задачей в этой области является максимальное сохранение необходимых физико-химических и органолептических свойств, а также веществ функционального назначения функциональных веществ после внесения изменений в рецептуры пищевых продуктов. Нет смысла создавать более полезные и здоровые продукты питания, которые будут не приемлемы для потребителя и не будут пользоваться покупательским спросом. Более того, нет достоверной информации о долгосрочных последствиях изменения профиля питания этих продуктов для здоровья человека, что также требует дальнейшего научных исследований доказательной медицины. УПП часто изготавливаются из тщательно очищенных ингредиентов, выделенных из натуральных продуктов, таких как белковые изоляты, белковые концентраты, кукурузный крахмал, гидроколлоиды и масла (Monteiro et al., 2019a, 2019b). Во время их выделения и очистки удаляются многие фитохимические вещества, присутствующие в цельных продуктах,

такие как полифенолы, каротиноиды, изопреноиды, фитостеролы и сапонины (Kumar et al., 2023a).

Технологические процессы по переработке пищевых продуктов часто предназначены для удаления этих веществ, поскольку они вызывают нежелательный цвет или вкус пищевых продуктов, но некоторые из удаленных фитохимических веществ могут оказывать благоприятное влияние на организм (Wink, 2022). Следовательно, их отсутствие или незначительное содержание может снизить пищевую ценность УПП по сравнению с цельными продуктами. Поэтому, целесообразно и необходимо создавать УПП, содержащие достаточное количество полезных фитохимических веществ, оказывающих профилактическое и антиоксидантное воздействие на организм потребителя. Также с целью снижения неблагоприятного воздействия биологически активных веществ на сенсорные свойства пищевых продуктов, а также для повышения их биодоступности и биоактивности, могут использоваться технологии инкапсуляции (Dumitriu & Dima, 2016; Labuschagne, 2018).

Компульсивное переедание

Рацион питания с высоким содержанием УПП часто связан с перееданием, поскольку такие продукты вкусны и имеют низкий потенциал насыщения (Contreras-Rodriguez et al., 2022; Neumann & Fasshauer, 2022). Производители продуктов питания стремятся создавать продукты, которые понравятся потребителям и они будут покупать их неоднократно. Следовательно, они делают все возможное, чтобы продукты имели привлекательный внешний вид и обладали восхитительным вкусом. Эволюция, по-видимому, запрограммировала людей на желание есть продукты с высоким содержанием жиров, сахаров и солей, поскольку это важнейшие питательные вещества, обеспечивающие энергию и ресурсы, необходимые для поддержания правильного функционирования и роста человеческого организма (Eaton & Lannotti, 2017). Раньше это не было проблемой, поскольку в окружающей среде было меньше доступных источников калорий. Однако в современном мире продукты с высоким содержанием этих питательных веществ могут способствовать перееданию, поскольку вызывают положительные эмоции. Многие УПП содержат большое количество жиров, сахаров и солей, что может повысить их вкусовые качества и привлекательность, тем самым способствуя перееданию и увеличению веса. Кроме того, употребление УПП связано со снижением чувства сытости и реакции насыщения, что также может способствовать перееданию. В связи с этим желательно и целесообразно изменить состав УПП, с целью снижения в их составе количества жиров, сахаров и солей, чего можно было бы достичь за счет уменьшения размеров порций и/или количества присутствующих этих питательных

веществ. Кроме того, следует отметить, что УПП подвергались критике из-за психолого-физиологической реакции, известной как «ошибка прогнозирования удовлетворения» (Kelly et al., 2022). Когда люди потребляют определенные виды продуктов, их тело и мозг ожидают, что они содержат определенные виды питательных веществ. Если они не содержат этих питательных веществ или эти питательные вещества высвобождаются с другой скоростью, чем ожидалось, система удовлетворения может работать неправильно. Например, если пища не содержит ожидаемого питательного вещества, сигнал удовлетворения и насыщения может не сработать, а это означает, что человек ест больше, чтобы попытаться получить его (Gearhardt & DiFeliceantonio, 2023; Kelly et al., 2022). Это может быть проблемой для УПП поскольку их состав и скорость переваривания часто отличаются от цельных продуктов или продуктов с минимальной обработкой, с которыми люди были более знакомы в ходе своей эволюции. Данную проблему можно решить, контролируя состав макронутриентов и усвояемость УПП, чтобы сделать их более похожими на более традиционные продукты питания, привычные человеческому организму.

Упаковка УПП

УПП обычно имеют относительно длительный срок хранения и упаковываются так, чтобы защитить их от воздействия окружающей среды во время хранения, транспортировки и реализации потребителю. Упаковочные материалы, такие как пластик, содержат компоненты, которые могут попасть в пищу и проглотиться. Например, сам пластиковый материал может разлагаться, что приводит к образованию микропластика или нанопластика, которые могут мигрировать в пищевые продукты (Бурак и др., 2023; Kaseke et al., 2023). Некоторые добавки в пластмассах, такие как фталаты и бисфенолы могут мигрировать в пищевые продукты и оказывать негативное влияние на качество продуктов (Sadraabad et al., 2023). Присутствие этих упаковочных химикатов в пищевых продуктах может иметь неблагоприятные последствия для здоровья, особенно если они потребляются в относительно высоких дозах в течение длительного периода времени (Бурак и др., 2024; Tumu et al., 2023). Производство и утилизация упаковочных материалов также может привести к загрязнению окружающей среды (Kadac-Czapska et al., 2023; Бурак и др., 2023). Следовательно, необходимо сократить использование упаковочных материалов на основе нефти (особенно тех, которые содержат потенциально токсичные добавки) для защиты УПП. С этой целью необходимо использовать биоразлагаемые упаковочные материалы, собранные из биополимеров (например, белков или полисахаридов), а не синтетических полимеров (Бурак, 2023). Однако зачастую бывает сложно создать упа-

ковочные материалы на основе биополимеров с такими же характеристиками, как у упаковочных материалов на основе нефти и продуктов ее переработки.

Пищевые добавки

Наличие пищевых добавок в УПП для повышения их органолептической привлекательности, продления срока хранения, уменьшения микробного загрязнения, ингибирования нежелательных химических реакций и сокращения пищевых отходов, включая красители, ароматизаторы, консерванты, эмульгаторы, текстуризаторы, подкислители, буферы и связующие вещества также связано с их неблагоприятным воздействием на здоровье (Song et al., 2023). Например, некоторые пищевые добавки, такие как определенные виды эмульгаторов, консервантов и искусственных подсластителей, способствуют воспалению и нарушению регуляции микробиома кишечника (Gerasimidis et al., 2020; Song et al., 2023). Тем не менее, правительства во всем мире, органы здравоохранения тщательно регулируют типы и количества добавок, безопасных для использования в продуктах питания и напитках. Эти правила основаны на строгих испытаниях на безопасность и тщательном анализе доказательств экспертными группами. Несмотря на это, сообщалось о нежелательных последствиях для здоровья после употребления определенных видов пищевых добавок, включая повышенный риск развития астмы, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, рака, болезней сердца, гормональной дисрегуляции, нарушения регуляции микробиома и ожирения (Бурак, 2022; Бурак и др., 2023а; Cao et al.; Sambu et al., 2022). Следовательно, необходимо постоянно отслеживать потенциально неблагоприятное воздействие пищевых добавок и корректировать правила на основе полученных научных данных и доказательной медицины. Следует отметить, что неблагоприятные последствия для здоровья могут возникнуть в результате употребления как синтетических, так и натуральных добавок, но обычно синтетические добавки вызывают наибольшую озабоченность.

Консистенция и усвояемость

Ввиду того, что многие УПП подвергаются значительной обработке, зачастую приводит к тому, что они имеют относительно мягкую консистенцию. В результате их легко жевать и глотать, что может способствовать перееданию. Например, потребление относительно мягкой пищи может привести к более высокой скорости ее приема и большему потреблению калорий до того, как наступит чувство насыщения (Teo et al., 2022). Исследования показали, что блюда, содержащие «твердую» пищу, как правило, потребляются медленнее, чем блюда, содержащие «мягкую» пищу, что наблюдалось как

для минимально обработанной пищи, так и для УПП (Teo et al., 2022). Значительное количество технологических операций, используемых для производства УПП, способствуют разрушению большей части исходных клеточных структур в тканях растений или животных, что может привести к тому, что содержащиеся в них макроэлементы перевариваются и усваиваются гораздо быстрее, чем минимально обработанные или цельные продукты (Fardet & Rock, 2019). У растений клеточные стенки состоят из прочного волокнистого материала, который нелегко переварить или разрушить в верхних отделах желудочно-кишечного тракта. Следовательно, пищеварительные ферменты (такие как протеазы, амилазы или липазы) во рту, желудке и тонком кишечнике не могут легко получить доступ к макронутриентам, захваченным внутри клеток (таким как белки, крахмалы или липиды). Однако, как только клеточная структура разрушается в результате обработки, ферменты могут легко проникнуть в клетки и гидролизовать макронутриенты. В результате возможно быстрое повышение уровня глюкозы, липидов и аминокислот в кровотоке, что может иметь неблагоприятные последствия для здоровья человека, вызывая нарушение регуляции гормональной системы, такой как инсулин, аппетит, сытость и реакции насыщения (Kelly et al., 2022), но и наоборот, разрушенная пищевая матрица может быть полезна для определенных видов микроэлементов и нутрицевтиков (Carrillo et al., 2017).

Пути повышения качества и пищевой ценности ультрапереработанных продуктов питания

Снижение энергетической ценности

Снизить энергетическую ценность УПП возможно путем уменьшения общего количества содержащихся в них перевариваемых жиров, углеводов и белков (Nestel & Mori, 2022; Robinson et al., 2022). Как правило, целесообразно снизить содержания жиров, сахара и перевариваемого крахмала в продуктах питания, поскольку именно эти макронутриенты наиболее тесно связаны с проблемами со здоровьем (Belc et al., 2019). Основная проблема в сокращении количества этих компонентов заключается в том, что они то в основном способствуют желаемому внешнему виду, ощущениям и вкусу продуктов питания. Например, жиры придают многим продуктам кремовый вид и насыщенный вкус, тогда как сахар придает приятную сладость. Следовательно, важно сохранять желаемые органолептические показатели качества УПП при снижении их энергетической ценности, иначе потребители не будут их покупать и включать более здоровые продукты в свой рацион. Для этого важно понимать различную роль, которую жиры, сахара и крахмалы играют в качестве продуктов питания. Жиры име-

ют более высокую энергетическую ценность (9 ккал/г), чем белки и углеводы (4 ккал/г), поэтому снижение жира является наиболее эффективным способом снижения энергетической ценности УПП. Жиры и масла в УПП играют значительную роль, в том числе способствуют их внешнему виду, консистенции, вкусовым ощущениям и вкусовому профилю. Некоторые из этих свойств можно обеспечить с помощью заменителей жира, таких как неперевариваемые жиры, олеогели, биополимерные микросферы или структурированные эмульсии (da Silva et al., 2023; Kew et al., 2020; Patel et al., 2020).

Крахмалы часто используются в качестве функциональных ингредиентов пищевых продуктов из-за их загущающих, гелеобразующих и связывающих свойств (Stephen et al., 2016). Усвояемые формы крахмала, такие как (RDS) и медленно усваиваемый крахмал (SDS), вносят наибольший вклад в энергетическую плотность пищевых продуктов. Напротив, резистентный крахмал (RS), который не переваривается в верхних отделах желудочно-кишечного тракта человека, дает меньше калорий (2,4–2,9 ккал/г) (Bojarczuk et al., 2022). Таким образом, калорийность УПП можно снизить, заменив часть перевариваемых крахмалов резистентными крахмалами или пищевыми волокнами. Например, исследователи изучили влияние замены крахмала целлюлозой на свойства хлеба (Ren et al., 2020) и крекеров (Ren et al., 2021). Эти исследования показали, что часть перевариваемого крахмала можно заменить неперевариваемой целлюлозой, не оказывая при этом существенного влияния на желаемые качественные характеристики пищевого продукта. Также результаты научных исследований показали, что биополимерные микрогели можно использовать для имитации некоторых желаемых физико-химических и функциональных свойств, обычно присущих крахмальным гранулам (таких как загущение и гелеобразование), не увеличивая при этом калорийности продукта (McClements et al., 2021).

Основная роль сахара в пищевых продуктах заключается в придании сладости, но сахара также могут влиять на объем, влажность, консистенцию и вкусовые ощущения (Damodaran & Parkin, 2017). Многие из неблагоприятных последствий УПП для здоровья объясняются высоким уровнем в них сахаров (Hamel et al., 2022). Следовательно, существует большой интерес к разработке эффективных стратегий по снижению содержания сахара в пищевых продуктах (Zhang et al., 2022). Содержание сахара можно снизить с помощью различных способов, включая добавление заменителей сахара (таких как натуральные или искусственные подсластители), контроль структуры пищи (создание импульсного высвобождения или локализованные высокие концентрации сахара), мультисенсорную интеграцию (изменение восприятия сахара путем контроля цвета, аромата или вкуса) или путем модификации текстуры (изменение вязкости

или свойств разрушения). Наиболее приемлемые способы зависят от вида УПП: твердого, полутвердого или жидкого. На практике оказалось весьма сложно снизить содержание сахара во многих УПП без ущерба для их желаемых качественных показателей (Бурак, 2025; Hutchings et al., 2019).

Оптимизация состава УПП

Пищевой состав продуктов питания играет важную роль в определении их воздействия на здоровье. Как правило, продукты питания состоят из макронутриентов (жиров, белков и углеводов), микроэлементов (витаминов и минералов) и других компонентов (таких как красители, ароматизаторы, консерванты и нутрицевтики). Уровни жиров, углеводов, белков и солей в УПП можно контролировать, изменяя типы и количество ингредиентов, используемых для их приготовления. Там, где это возможно, необходимо изменить наименование УПП, чтобы снизить уровни питательных веществ, подлежащих ограничению (таких как трансжиры, насыщенные жиры, сахара, усваиваемый крахмал и натрий), и увеличить уровни более полезных питательных веществ, таких как (например, омега-3, жирные кислоты, белки, пищевые волокна, витамины и макро и микроэлементы).

Белки

В некоторых видах УПП общая концентрация белка может быть слишком низкой, содержание незаменимых аминокислот несбалансированным или биодоступность белка может быть незначительной. Например, сыр и морепродукты растительного происхождения, которые можно считать УПП, часто содержат гораздо меньше белка, чем их альтернативы животного происхождения (McClements, 2023b). Данные УПП могут быть обогащены легкоусвояемыми белками со сбалансированным профилем незаменимых аминокислот. Следует отметить, что качество белка во многих цельных продуктах и продуктах с минимальной обработкой относительно низкое, поскольку белки не полностью высвобождаются из неповрежденных клеточных структур или потому, что они естественным образом содержат антипитательные факторы, такие как фитаты или оксалаты (Joy, 2019). Напротив, для решения этой проблемы УПП могут быть разработаны для путем обогащения их высококачественными источниками белка или использования методов обработки по удалению антипитательных факторов или разрушения жестких клеточных структур, которые препятствуют перевариванию белка (Бурак и др., 2024а; Бурак и др., 2024b; Sa et al., 2020).

Углеводы

Добавленные сахара способствуют желаемой сладости, консистенции и стабильности УПП, но они также могут иметь неблагоприятные последствия для здоровья, например, способствовать развитию кариеса зубов, ожирения или диабета (Hancock et al., 2020). Следовательно, уровень сахара в УПП необходим по возможности снижать. В ходе различных исследований изучили различные подходы к снижению содержания сахара в обработанных пищевых продуктах без ущерба для их качественных показателей, включая использование заменителей сахара, кросс-модальные сенсорные взаимодействия и изменение структуры пищевых продуктов для увеличения воспринимаемой интенсивности вкуса сахара (Zhang et al., 2022). Использование заменителей сахара может снизить общее количество потребляемых калорий, но есть подтверждавшие результаты исследований того, что некоторые виды искусственных подсластителей могут изменить микробиом кишечника и нарушить регуляцию метаболических и гормональных реакций на продукты питания и напитки (Christofides, 2021; Suez et al., 2022). Вместе с тем, недавний метаанализ исследований некалорийных подсластителей показал, что они не вызывают неблагоприятных метаболических или эндокринных эффектов (Zhang et al., 2023). Поэтому существует необходимость в более систематических исследованиях воздействия различных видов заменителей сахара на питание и здоровье. Присутствие высокого уровня перевариваемых крахмалов во многих УПП также может быть нежелательным с точки зрения питания. Переваривание крахмалов амилазами в желудочно-кишечном тракте человека приводит к образованию глюкозы, которая может способствовать резкому увеличению сахара в крови. Следовательно, при составлении рецептуры УПП возможно, лучше использовать резистентный крахмал или SDS, а не RDS (Stephen et al., 2016). В качестве альтернативы, в крахмалистые УПП могут быть включены пищевые ингредиенты, которые замедляют переваривание крахмала за счет ингибирования активности амилазы, такие как пищевые волокна или полифенолы (Ayua et al., 2021; Bai & Gilbert, 2022; He et al., 2023a). Принято считать, что пищевые волокна приносят пользу здоровью и самочувствию человека посредством различных механизмов, зависящих от их молекулярных, физико-химических и физиологических свойств (Бурак, 2025; He et al., 2022; Rastall et al., 2022). Например, они могут уменьшить запоры, уровень холестерина в крови и рак толстой кишки, а также увеличить разнообразие микробиома кишечника. Следовательно, включение пищевых волокон в состав УПП окажет благотворное влияние на организм

Жиры

Как нами уже отмечалось ранее, жиры имеют относительно высокую энергетическую ценность (более чем в два раза выше, чем у белков и углеводов), поэтому целесообразно снижать их общее количество в составе УПП. Более того, некоторые виды жиров связаны с неблагоприятным воздействием на здоровье, особенно транс- и насыщенные жиры (Schwingshackl et al., 2021), хотя вредное воздействие насыщенных жиров на здоровье в настоящее время оспаривается некоторыми учеными-диетологами (Astrup et al., 2020; 2021). Пищевой состав УПП можно улучшить, используя те жиры, которые положительно влияют на здоровье, такие как ненасыщенные жирные кислоты, особенно длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты омега-3, такие как эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК) (Jesionowska et al., 2023). Тем не менее, заменить насыщенные жиры ненасыщенными не всегда возможно. Насыщенные жиры частично кристаллизуются при температуре окружающей среды и низких температурах хранения, что способствует желаемым органолептическим показателям многих УПП, таким как растекаемость маргаринов, консистенция мороженого и взбитых сливок, а также текстура мяса и его аналогов. Следовательно, целесообразно разработать альтернативные стратегии для замены твердости, обычно обеспечиваемой насыщенными жирами, например, с использованием олеогелей, бигелей или эмульсионных технологий (Patel et al., 2020; Silva et al., 2022). Кроме того, ненасыщенные жиры более подвержены к окислению липидов, чем насыщенные, поэтому может быть важно включить в УПП эффективные антиоксидантные вещества, содержащие высокие уровни ненасыщенных жирных кислот, особенно полиненасыщенные (Wang et al., 2022). Например, окисление липидов можно уменьшить, контролируя условия производства и хранения, используя соответствующие упаковочные материалы, добавляя антиоксиданты или хелатирующие агенты или используя технологии структурирования пищевых продуктов (Бурак, 2023; Бурак 2024a; Бурак, 2023a). Следует отметить, что УПП обычно представляют собой материалы со сложным составом и что во время обработки пищевых продуктов содержащиеся в них белки, углеводы и жиры взаимодействуют друг с другом. Эти взаимодействия изменяют структурные, питательные, сенсорные, пероральные и желудочно-кишечные свойства УПП. Характер происходящих взаимодействий будет зависеть от конкретного состава УПП, поэтому в каждом конкретном случае изменения будут отличаться. В целом следует подчеркнуть, что изменение состава питательных веществ УПП изменит их необходимые сенсорные, физико-химические и функциональные свойства. Поэтому при разработке метода улучшения пищевой ценности УПП необходимо обеспечить сохранение требуемых органолептических показателей готового продукта и его приемлемости для потребителя.

Микронутриентный состав

В некоторых УПП отсутствуют микроэлементы, поскольку в ходе технологической обработки происходит их снижение или полное удаление, из пищевых ингредиентов, из которых они изготовлены. В связи с этим желательно обогатить УПП определенными витаминами, биологически активными веществами, макро и микроэлементами. Например, для улучшения пищевой ценности в УПП могут быть добавлены жирорастворимые витамины (такие как А, D, Е и К), водорастворимые витамины, такие как В или С или минеральные вещества, такие как кальций, цинк или магний (Rusta et al., 2021). Преимущество УПП перед цельными или минимально обработанными пищевыми продуктами заключается в том, что биодоступность этих микроэлементов часто можно повысить с помощью разработки пищевой матрицы или технологий инкапсуляции. Например, исследования как *in vitro*, так и *in vivo* показали, что инкапсулирование жирорастворимых витаминов в небольшие липидные капли увеличивает их биодоступность (Öztürk, 2017; Parthasarathi et al., 2016). Биодоступность витаминов можно оптимизировать, контролируя размер, концентрацию, состав и характеристики поверхности липидных капель, насыщенных витаминами (McClements, 2021). Аналогичным образом, биодоступность основных минералов можно повысить за счет использования соответствующих типов солей, хелатирующих агентов или технологий инкапсуляции (Шкрабак, 2022; Ashaolu et al., 2023; Santos et al., 2018). Вместе с тем большинство этих технологий инкапсулирования включают в себя ту или иную форму ультраобработки (например, гомогенизацию под высоким давлением или микрофлюидизацию), что позволяет предположить, что в некоторых случаях ультраобработка может привести к улучшению пищевой ценности пищевого продукта.

Тип и количество микроорганизмов (особенно бактерий) в толстой кишке человека связаны со здоровьем и благополучием человека (Wu et al., 2020). Таким образом, УПП могут быть разработаны для содействия созданию здорового микробиома путем стимуляции роста полезных бактерий и подавления роста вредных бактерий. Эта цель может быть достигнута путем контроля состава УПП, особенно путем добавления пищевых компонентов, которые, как известно, способствуют созданию здорового микробиома, таких как пребиотики, пробиотики или постбиотики (Ballini et al., 2023; Бурак и др.,). Пребиотики — это неживые съедобные вещества, которые способствуют росту здоровых бактерий в толстой кишке, включая такие вещества, как некоторые олигосахариды, пищевые волокна и фитохимические вещества (Бурак и др. 2023b; Ferreira et al., 2023). Пробиотики — это жизнеспособные бактерии, способные колонизировать толстую кишку и приносить пользу для здоровья при употреблении в достаточных количествах

(Ballini et al., 2023). Напротив, постбиотики представляют собой нежизнеспособные бактерии, которые могут приносить пользу для здоровья при употреблении, поскольку их компоненты или метаболиты абсорбируются и используются организмом человека или потому, что они метаболизируются и ферментируются живыми полезными бактериями в толстой кишке (Бурак и др. 2023b; Ma et al., 2023). Таким образом, обогащение УПП пребиотиками, пробиотиками или постбиотиками может улучшить их пищевую ценность (Dahiya and Nigam, 2022). Типы и количества веществ, контролирующих микробиом кишечника, вносимых в УПП, следует определять на основе их потенциальной пользы для здоровья, а также их влияния на органолептические показатели, физико-химические свойства и функциональные характеристики пищевых продуктов, такие как их внешний вид, консистенция, вкус, срок годности и безопасность. Пробиотики, которые представляют собой живые организмы, возможно, придется инкапсулировать перед включением в УПП, чтобы защитить их от суровых условий в пищевых продуктах и желудочно-кишечном тракте человека (Gu et al., 2022). Что касается пребиотиков, то при составлении рецептуры пищевых продуктов может возникнуть необходимость использовать богатые клетчаткой натуральные ингредиенты (например, отруби), а не очищенные или синтетические пищевые волокна (например, метилцеллюлозу), во избежание ощущения, что они подверглись глубокой обработке.

Обогащение фитохимическими веществами и биологически активными соединениями

В процессе значительной обработки многие фитохимические вещества, присутствующие в цельных продуктах, удаляются при их преобразовании в ингредиенты для использования в УПП. Некоторые из этих фитохимических веществ способны оказывать благоприятное влияние на организм человека, поэтому их удаление может иметь нежелательные последствия для пищевой ценности УПП (Santiya et al., 2021). Вместе с тем некоторые фитохимические вещества могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье или негативно влиять на цвет и вкус пищевых продуктов. Фитохимические вещества можно извлекать из цельных пищевых продуктов или из их побочных продуктов, таких как кожура, мякоть, семена, корни, листья или стебли (Бурак, 2025; Бурак, 2022). Эти фитохимические вещества затем можно фракционировать, чтобы удалить нежелательные и сохранить полезные.

Необходимые биологически активные вещества, включая каротиноиды, изопреноиды, фитостеролы, полифенолы и сапонины, которые оказывают пользу для здоровья, целесообразно включить в состав УПП с целью

повышения пищевой ценности и антиоксидантной активности. Вместе с тем необходимо отметить, что продукты, обогащенные фитохимическими веществами, часто не приносят такой же пользы для здоровья, как цельные продукты, содержащие те же фитохимические вещества. Это может быть связано с тем, что цельные продукты имеют и другие преимущества, такие как высокий уровень пищевых волокон или сложная смесь различных фитохимических веществ, которые действуют синергически. Следовательно, необходимы научные исследования, чтобы установить, обладают ли УПП обогащенные биологически активными веществами и соединениями, заявленной для них пользой для здоровья, что потребует проведения исследований *in vitro*, клеточных культур, животных и человека.

Увеличение времени жевания и реакция насыщения как факторы улучшения УПП

Одним из малоиспользуемых, но потенциально значимых направлений оптимизации ультрапереработанных продуктов (УПП) является изменение их текстуры с целью увеличения времени жевания и, как следствие, усиления физиологической реакции насыщения. Исследования показывают, что твёрдая пища, требующая более длительной механической обработки во рту, обычно потребляется медленнее и в меньших объемах, что способствует снижению общего калорийного потребления (Teo et al., 2022). Таким образом, структурная модификация УПП с акцентом на повышение плотности и механического сопротивления может представлять собой действенный способ снижения риска переедания. Этот подход особенно применим к полутвердым и твердым продуктам, в отличие от напитков, которые потребляются практически без задержки в ротовой полости. Так, установлено, что блюда, содержащие твердую морковь или макароны, потребляются медленнее, чем аналогичные блюда с размягченным ингредиентами (Neuven et al., 2023).

Тем не менее, связь между плотностью пищи и ощущением сытости остается не до конца подтвержденной. Результаты Wallace et al. (2023) показали, что увеличение плотности завтрака не оказало значимого влияния на субъективное чувство насыщения или последующее потребление калорий, несмотря на то, что прием пищи происходил медленнее. Похожие выводы сделаны и в работе Chen et al. (2022), в которой не было выявлено достоверной связи между скоростью пережевывания коричневого риса и нута и уровнем гликемической реакции. Эти данные подчеркивают необходимость проведения дальнейших исследований для прояснения роли жевания как медиатора метаболических и поведенческих ответов при потреблении УПП.

Пищевая насыщаемость продукта зависит не только от механических характеристик, но и от его химического состава. Исследования подтверждают, что белки обладают наибольшим потенциалом в индукции насыщения по сравнению с углеводами и жирами (Ni et al., 2021; Venegas et al., 2022). Кроме того, медленно перевариваемые продукты вызывают более длительное чувство сытости, чем быстро перевариваемые (Cifuentes & Acosta, 2022). Это означает, что включение в состав УПП белков, пищевых волокон и биологически активных веществ может повысить их способность вызывать реакцию насыщения во время и после приёма пищи. В частности, пищевые волокна способны замедлять опорожнение желудка и пищеварение, одновременно увеличивая объём содержимого ЖКТ, что активирует сенсоры растяжения и стимулирует выработку сигнальных нейропептидов (Akhlaghi, 2022).

Механизмы воздействия пищевых волокон на насыщение включают не только задержку механической эвакуации пищи, но и участие в процессах микробной ферментации в толстой кишке. В результате этой ферментации образуются короткоцепочечные жирные кислоты, которые обладают сигнальной активностью и могут опосредованно модулировать чувство насыщения (Bastings et al., 2023). Кроме того, определённые полифенолы демонстрируют способность ингибировать амилазу и липазу — ключевые ферменты, участвующие в переваривании крахмалов и липидов, — тем самым замедляя поступление макронутриентов в кровоток и способствуя более длительному ощущению сытости (He et al., 2023b; Sun & Miao, 2020). Эти соединения также способны модулировать продукцию гормонов насыщения, таких как GLP-1 и PYY, через влияние на нейроэндокринную регуляцию.

Однако несмотря на многочисленные экспериментальные подтверждения отдельных эффектов, остаётся значительная неопределенность относительно интегральной насыщаемости продуктов различного состава, плотности и текстуры. На текущем этапе невозможно сделать окончательные выводы о том, какие именно характеристики УПП наиболее эффективно способствуют снижению потребления калорий и предотвращению переедания. Поэтому необходимы дополнительные контролируемые исследования с участием различных групп потребителей и типологий УПП, направленные на верификацию эффектов насыщения в реальных условиях потребления.

Использование натуральных пищевых добавок в УПП: возможности и ограничения

Одной из ключевых характеристик ультрапереработанных пищевых продуктов (УПП) является широкое применение синтетических или химически модифици-

рованных добавок, предназначенных для улучшения текстуры, цвета, вкуса, устойчивости к порче и срока хранения. В последние годы в научной и технологической повестке активно обсуждается возможность замены этих веществ на натуральные аналоги, способные выполнять те же технологические функции с потенциально меньшим риском для здоровья потребителей. Например, эмульгаторы промышленного происхождения, такие как полисорбаты или карбоксиметилцеллюлоза, могут быть частично заменены натуральными соединениями — фосфолипидами, белками или полисахаридами (McClements et al., 2017; McClements & Gumus, 2016).

Аналогичная тенденция наблюдается в сфере применения красителей и ароматизаторов. Вместо синтетических красителей в ряде продуктов успешно используются натуральные пигменты: экстракты свеклы, концентраты бузины, куркумин, каротиноиды, хлорофилл и антоцианы (Бурак, 2024; de Mejia et al., 2020; Singh et al., 2023). Натуральные ароматические соединения могут быть получены из растительного сырья или с помощью микробной ферментации (Bel-Rhliid et al., 2018). Более того, широкий спектр природных веществ (в том числе пептиды, эфирные масла и фитохимические соединения) демонстрирует выраженную антиоксидантную и антимикробную активность, что позволяет использовать их в качестве альтернативы синтетическим консервантам (Бурак, 2024; Bensid et al., 2022; López-García et al., 2022; Sweet et al., 2022; Valdivieso-Ugarte et al., 2019).

Использование натуральных добавок в составе УПП открывает дополнительные перспективы с точки зрения функционального воздействия на организм. Исследования показывают, что определенные природные компоненты обладают потенциальными профилактическими эффектами, включая антиоксидантную, противовоспалительную и метаболически модулирующую активность (Елиашевич и др., 2024; Шкрабтак, 2022; Kaur et al., 2020). Однако их широкомасштабное внедрение сталкивается с рядом технологических ограничений. Натуральные красители и ароматизаторы подвержены быстрой деградации под действием света, кислорода или температуры, что приводит к снижению органолептических характеристик продукта. Натуральные антимикробные вещества, как правило, менее стабильны и уступают синтетическим аналогам по продолжительности защитного эффекта, что может сокращать срок хранения и ухудшать микробиологическую безопасность готовой продукции.

В связи с этим одной из приоритетных задач современной пищевой науки является поиск и стабилизация новых природных биоактивных веществ, способных эффективно замещать синтетические добавки без потери функциональности. Это требует разработки технологий экстракции, инкапсуляции и консервирования натуральных соединений, устойчивых к воздействию факторов

внешней среды (Zang et al., 2023). При этом безопасность натуральных добавок также должна подвергаться тщательной токсикологической и физиологической оценке, поскольку факт их природного происхождения не гарантирует безвредность. Натуральные компоненты могут вступать во взаимодействие с белками, липидами, углеводами и микронутриентами, изменяя биохимические свойства продукта, а в отдельных случаях — негативно влияя на его стабильность, вкус и безопасность.

Особое внимание исследователей привлекают полифенолы — соединения, обладающие выраженными антиоксидантными свойствами. Они эффективно ингибируют процессы окисления липидов, тем самым продлевая срок хранения жиросодержащих продуктов (Бурак и др., 2024; Pogorzelska-Nowicka et al., 2024). Однако при определённых условиях полифенолы могут сами подвергаться окислению или даже способствовать образованию окислительных продуктов, что может нивелировать их положительное воздействие и дестабилизировать пищевую матрицу (Бурак и др., 2024а). Следовательно, применение полифенолов и других природных антиоксидантов требует комплексного анализа — с учётом концентрации, условий хранения, взаимодействий с другими компонентами и потенциальных эффектов при длительном употреблении.

Таким образом, использование натуральных добавок в составе УПП представляет собой перспективное направление для повышения их пищевой и функциональной ценности. Однако реализация этого подхода требует дальнейших научных исследований, направленных на разработку устойчивых форм природных соединений, оценку их взаимодействий с пищевой матрицей, а также формализацию стандартов безопасности и эффективности.

Прецизионная и экологически устойчивая переработка как стратегия улучшения УПП

Одним из перспективных направлений снижения негативного воздействия ультрапереработанных продуктов (УПП) на здоровье является использование прецизионных технологий обработки, направленных на максимальное сохранение клеточной структуры исходного сырья. Суть подхода заключается в том, чтобы минимизировать разрушение клеток в растительной или животной ткани, тем самым ограничивая высвобождение макронутриентов в пищеварительном тракте и снижая их скорость переваривания (Menta et al., 2022). В частности, Xiong et al. (2022) отмечают, что мягкий помол злаков, сохраняющий значительную часть клеточных оболочек, позволяет получить продукты с более низким гликемическим индексом по сравнению с изделиями из полностью переработанной муки.

Разработанные и уже применяемые технологические решения, такие как последовательная гидротермальная обработка, гомогенизация, экстракция и сушка, позволяют получать ингредиенты, богатые интактными клетками, например, бобовую муку с высокой долей неповрежденной клеточной массы (Edwards et al., 2020). В таких продуктах макронутриенты остаются частично «запертыми» внутри клеточных стенок, что приводит к снижению их биодоступности и замедленному перевариванию. Данный эффект был продемонстрирован на продуктах из пшеницы, сорго, фасоли и картофеля (Bhattarai et al., 2018; Li et al., 2019; Shu et al., 2022). В одном из последних исследований было показано, что включение порошков нута, содержащих интактные клетки, в хлебные изделия способствовало снижению скорости высвобождения питательных веществ и увеличению чувства насыщения (Perez-Moral et al., 2023). Это подтверждено экспериментально: замена части пшеничной муки на «клеточные порошки» приводила к выраженному торможению переваривания макронутриентов, что сопровождалось усиленной постпрандиальной сытостью (Bajka et al., 2023). Таким образом, использование прецизионных ингредиентов позволяет не только улучшить пищевую ценность УПП, но и снизить их потенциальный метаболический вред.

Наряду с вопросами здоровья, современная пищевая промышленность сталкивается с необходимостью перехода к более экологически устойчивым практикам. Это требует пересмотра состава УПП с точки зрения воздействия на окружающую среду, включая замену традиционных ингредиентов альтернативными источниками с меньшим экологическим следом. Одним из таких направлений является использование растительных компонентов, продуктов микробной ферментации или даже белка из насекомых вместо ингредиентов животного происхождения (Kumar et al., 2023b; McClements, 2023a). В этом контексте побочные продукты агропищевого производства (кожура, стебли, семена и другие растительные остатки) становятся важным ресурсом для устойчивого реформулирования УПП. Эти материалы содержат биоактивные соединения, которые могут быть извлечены и использованы в качестве натуральных функциональных добавок (Maddaloni et al., 2025; Бурак и др., 2024b).

Оптимизация технологических процессов переработки с целью снижения потребления воды, энергии, образования отходов и загрязнения окружающей среды также является неотъемлемой частью устойчивого подхода (Hoehn et al., 2022; Iriondo-DeHond et al., 2018). Переработка побочных продуктов в ингредиенты с добавленной стоимостью способствует формированию циркулярной модели производства, что особенно важно в условиях роста глобального спроса на продовольствие. Таким образом, при разработке улучшенных рецептур УПП не-

обходимо учитывать не только нутриентный профиль, но и устойчивость применяемых технологий и ингредиентов, включая их экологическую безопасность и ресурсную эффективность.

Проблемы и перспективы улучшения состава УПП с целью повышения пищевой ценности и снижения вредного воздействия на организм

Одним из направлений повышения пищевой ценности ультрапереработанных напитков является замена сахара на низкокалорийные подсластители, однако эффективность и безопасность этого подхода остаются предметом научных дискуссий. Хотя такие заменители широко используются в промышленности, исследования указывают на возможные риски, включая ожирение (Azad et al., 2017), нарушение глюкозной толерантности через изменение микробиоты кишечника (Suez et al., 2022), а также эндокринную дисрегуляцию (Sweet, 2022). Вместе с тем, данные метаанализа Zhang et al. (2023) показывают отсутствие значимого влияния некалорийных подсластителей на постпрандиальные гликемические реакции. Таким образом, хотя потенциальные преимущества замены сахара очевидны, требуется дальнейшее изучение их метаболических эффектов. При этом более традиционные продукты, такие как фруктовые соки, несмотря на наличие биоактивных веществ, также характеризуются высокой калорийностью и требуют умеренного потребления (Бурак, 2025).

Повышение нутриентной плотности кондитерских изделий возможно за счёт снижения содержания критичных ингредиентов и включения функциональных компонентов, однако такие изменения требуют соблюдения сенсорного и технологического баланса. Estruch et al. (2020) предлагают компенсировать уменьшение соли и жиров использованием ароматизаторов, гидроколлоидов и ферментированных добавок. Кроме того, внедрение цельнозерновых ингредиентов способствует замедлению усвоения углеводов и увеличению содержания клетчатки и фитонутриентов. Как показывают исследования Chi et al. (2022), Giuntini et al. (2022) и Korompokis & Delcour (2023), использование полифенолов и пищевых волокон позволяет ингибировать активность амилазы и, соответственно, снижать гликемический индекс изделий. Эти эффекты подтверждены экспериментально в отношении экстрактов малины (Kan et al., 2020), морских водорослей (Pacheco et al., 2020; Бурак и др., 2023) и других растительных компонентов. Однако внедрение таких ингредиентов требует оценки их влияния на органолептические характеристики и безопасность при хроническом потреблении.

Мясные УПП остаются одной из самых спорных категорий в контексте безопасности состава, в частности из-за присутствия нитратов и нитритов, которые связаны с канцерогенными рисками (Ferysiuk & Wójciak, 2020). Альтернативные решения включают использование растительных экстрактов, антиоксидантов и заквасок (Di Nunzio et al., 2022), а также обогащение мясных изделий функциональными веществами — пищевыми волокнами, пробиотиками и фитохимикатами (Rojas-Martin et al., 2023; Sirini et al., 2020). Современные технологии, такие как обработка высоким давлением (Yang et al., 2016), эмульсионные и гидрогелевые подходы (Tan & McClements, 2021; Foggiano et al., 2022), позволяют снижать содержание жира без потери текстурных свойств. Кроме того, частичная замена мясной массы грибами и мицелием открывает возможности улучшения аминокислотного и витаминного состава (Botella-Martínez et al., 2023; Fu et al., 2023; Novakovic et al., 2020).

Для масложировых эмульсий и соусов снижение калорийности может быть достигнуто за счет замены части жира на пищевые волокна, гидроколлоиды и биополимерные микрочастицы, способные воспроизводить текстурные и оптические свойства липидов. Использование камедей (Rojas-Martin et al., 2023) и белково-полисахаридных комплексов (Shewan & Stokes, 2013) позволяет достигать желаемой вязкости без увеличения энергетической плотности. Эмульсионные технологии следующего поколения (Tan & McClements, 2021) предлагают создание структур, в которых капли воды инкапсулируются в каплях масла, что позволяет снизить общий уровень жиров при сохранении органолептических параметров. Несмотря на присутствие подобных решений на рынке, необходимость контроля над составом и маркировкой таких продуктов остается актуальной.

Несмотря на достижения в области рецептурных инноваций, остается ряд методологических и практических ограничений, которые требуют критического анализа. Как отмечают Карамнова и др. (2024), Ильенкова и др. (2023), а также Scrinis & Monteiro (2018), редукционистский подход, основанный на управлении отдельными нутриентами, может иметь ограниченную эффективность. Например, замена насыщенных жиров легкоусвояемыми углеводами или трансжирами способна привести к новым рискам, включая ожирение и сердечно-сосудистые заболевания. Кроме того, как подчеркивает Fanzo et al. (2023), недостаток клинических данных о последствиях регулярного потребления реформулированных УПП делает невозможным достоверную оценку их эффективности с точки зрения общественного здоровья.

Системное рассмотрение свойств УПП требует отказа от избыточной концентрации на отдельных нутриентах и перехода к анализу пищевой матрицы в целом. Скринис и Монтейро подчеркивают, что нутриенты вза-

имодействуют друг с другом, формируя сложные метаболические эффекты, которые не всегда очевидны при простой замене одного ингредиента другим. Исключение доказанно вредных компонентов, таких как трансжиры, должно сочетаться с учётом всех потенциальных последствий, включая нутриентное вытеснение и метаболическую нагрузку.

Помимо технологических аспектов, важное значение имеют вопросы потребительского восприятия и маркетинговых стратегий. Упоминание обогащения продукта омега-3, витаминами или белками может маскировать его общий неблагоприятный состав. Скринис и Монтейро указывают, что подобные приемы формируют ложную уверенность в полезности УПП и способствуют их легитимации, вытесняя цельные продукты из повседневного рациона. Необходима разработка стандартов прозрачной маркировки и механизмов регулирования пищевой информации.

Значительное число потребителей продолжает некорректно интерпретировать понятие УПП, что препятствует осознанному выбору продуктов и снижает эффективность профилактических стратегий. Как показано в исследованиях McClements (2024) и Shamim et al. (2022), даже в странах, где концепция NOVA формально внедрена в нормативную практику, понимание терминологии остаётся низким (Sarmiento-Santos et al., 2022). Это указывает на необходимость разработки просветительских инструментов и уточненной системы классификации, ориентированной на конечного потребителя.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты подтверждают, что ультрапереработанные пищевые продукты (УПП) характеризуются высоким содержанием сахаров, трансжиров и соли при низкой пищевой плотности, что способствует нарушению энергетического баланса и увеличивает риск развития хронических заболеваний, таких как ожирение, диабет 2 типа и сердечно-сосудистые патологии. Эти выводы согласуются с данными Monteiro et al. (2019a; 2019b), а также более поздними исследованиями Cordova et al. (2023) и Zhang & Giovannucci (2022), указывающими на системную взаимосвязь между распространенностью УПП в рационе и ухудшением метаболического здоровья.

Анализ структуры потребления УПП (Juul et al., 2022) позволяет выделить наиболее распространенные продуктовые категории (газированные напитки, закуски, хлебобулочные изделия, готовые блюда, кондитерские изделия). Все категории демонстрируют неблагоприятный нутриентный профиль и высокую энергетическую плотность, что также было подтверждено при сопостав-

лении пищевой ценности различных групп продуктов (см. Табл. 2 и 3). Повышенное потребление таких продуктов вытесняет цельные и минимально обработанные альтернативы, богатые пищевыми волокнами, белками, витаминами и фитохимическими соединениями, что дополнительно усугубляет дефицит микроэлементов в рационе (Monteiro & Astrup, 2022; Панькова, 2024; Бурак и др., 2024).

Особое внимание в настоящем обзоре уделяется механизмам негативного влияния УПП. Наряду с несбалансированным нутриентным составом, ключевыми факторами риска выступают нарушенная пищевая матрица, ускоренная усвояемость макронутриентов, снижение реакций насыщения и вкусовая гиперпривлекательность, способствующая компульсивному перееданию (Contreras-Rodriguez et al., 2022; Gearhardt & DiFeliceantonio, 2023). Кроме того, присутствие пищевых добавок и потенциально токсичных веществ из упаковки формирует дополнительные риски, о чём свидетельствуют работы Sadrabad et al. (2023), Kaseke et al. (2023), а также отечественные авторы (Бурак и др., 2023; 2024).

Несмотря на устойчивую критику УПП в научной литературе, следует отметить, что технологическая переработка сама по себе не является однозначно негативным фактором. Как справедливо замечают Astrup et al. (2022) и McClements (2023), в отдельных случаях ультраобработка позволяет улучшить усвояемость белков, повысить биодоступность витаминов, уменьшить содержание антипитательных факторов и повысить безопасность продукта. Именно в этом контексте обсуждаются перспективы реформулирования УПП: замена сахаров и жиров их функциональными аналогами, включение пищевых волокон, витаминов, антиоксидантов, пробиотиков и фитохимических веществ, использование технологий инкапсуляции (Dumitriu & Dima, 2016; Parthasarathi et al., 2016) и биополимерных микрогелей (McClements et al., 2021) позволяет создавать УПП с потенциально благоприятным нутриентным профилем.

Тем не менее, актуальным остаётся вопрос баланса между улучшением состава и сохранением сенсорных характеристик, приемлемых для потребителя. Как подчеркивают Hutchings et al. (2019) и Belc et al. (2019), снижение содержания жиров, сахара или соли может сопровождаться снижением органолептической привлекательности, что требует дополнительных усилий в области пищевой инженерии и поведенческой нутрициологии.

Ограничения исследования

Во-первых, в работе не проводилось количественного метаанализа, поэтому сравнение эффективности конкретных стратегий улучшения состава УПП носит каче-

ственный характер. Во-вторых, большая часть рассмотренных исследований относится к странам с высоким уровнем дохода, в то время как данные по развивающимся регионам остаются ограниченными. Наконец, отсутствует достаточная доказательная база относительно долгосрочных эффектов потребления модифицированных УПП с улучшенным составом — это направление требует отдельного внимания в будущих исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ научной литературы, посвященной ультрапереработанным пищевым продуктам, подтвердил наличие устойчивой связи между высоким уровнем их потребления и увеличением риска хронических неинфекционных заболеваний. Характерные особенности УПП (высокая энергетическая плотность, дефицит пищевых волокон, белков и микронутриентов, а также наличие вкусовых добавок и стабилизаторов) способствуют нарушению метаболического равновесия, перееданию и снижению общего качества питания.

На фоне широкого распространения УПП особую актуальность приобретает задача их нутриентной оптимизации. Современные подходы в области пищевой технологии позволяют модифицировать состав таких продуктов с целью повышения их пищевой ценности за счет обогащения белками, клетчаткой, витаминами, биоактивными соединениями, а также снижения содержания добавленных сахаров, жиров и соли. Однако эффективность этих решений требует дополнительной эмпирической оценки, особенно с учетом долгосрочного воздействия на здоровье потребителей и поведенческие аспекты питания.

Результаты обзора также подчеркивают необходимость комплексной стратегии: снижение потребления УПП должно сочетаться с развитием технологически обоснованных решений по созданию функциональных продуктов с низким метаболическим риском. Параллельно следует усиливать просветительскую работу среди потребителей и выстраивать институциональные меры, поддерживающие доступ к цельным и минимально обработанным продуктам.

Будущие исследования должны быть ориентированы на мультидисциплинарный подход, включающий нутрициологию, поведенческую экономику, технологии пищевой переработки и политику в области общественного здравоохранения. Только при таком интегративном подходе возможно создание продовольственной среды, способствующей сохранению здоровья и устойчивому развитию.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Барбараш, О. Л., Седых, Д. Ю., Петрова, Т. С., Кашталап, В.В., & Цыганкова, Д. П.(2022). Здоровое питание во вторичной профилактике после инфаркта миокарда. На чем сделать акцент? *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*, 21(1), 2918. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-2918>
- Barbarash, O. L., Sedykh, D. Yu., Petrova, T. S., Kashtalap, V. V., & Tsygankova, D. P. (2022). Healthy nutrition in secondary prevention after myocardial infarction. What to focus on? *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 21(1), 2918. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-2918>
- Бурак, Л. Ч. (2025). Влияние современных способов обработки и стерилизации на качество плодовоовощного сырья и соковой продукции. *Научно-издательский центр ИНФРА-М*. <https://doi.org/10.12737/0.12737/2154991>
- Burak, L. Ch. (2025). The influence of modern methods of processing and sterilization on the quality of fruit and vegetable raw materials and juice products. *Scientific Publishing Center INFRA-M*. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/0.12737/2154991>
- Бурак, Л. Ч.(2024). Использование современных технологий обработки для увеличения срока хранения фруктов и овощей. Обзор предметного поля. *Ползуновский вестник*, (1), 99–119. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.013>
- Burak, L. Ch. (2024). Using modern processing technologies to increase the shelf life of fruits and vegetables. Review of the subject field. *Polzunovsky Vestnik*, (1), 99–119. (In Russ.) <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.013>
- Бурак, Л.Ч., & Сапач, А. Н.(2024). Улучшение технологических свойств продовольственного зерна за счет использования современных технологий: Обзор предметного поля. *Health, Food & Biotechnology*, 6(1), 40–64. <https://doi.org/10.36107/hfb.2024.i1.s204>
- Burak, L.Ch., & Sapach, A. N.(2024). Improving technological properties of food grain through the use of modern technologies: Scoping review. *Health, Food & Biotechnology*, 6(1), 40–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/hfb.2024.i1.s204>
- Бурак, Л. Ч., & Сапач, А.Н.(2024а) Влияние действия ультразвука на функциональные свойства растительных белков. Обзор предметного поля. *Химия растительного сырья*, (4), 5–23. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240413599>
- Burak, L. Ch., & Sapach, A. N. (2024a) Effect of ultrasound on the functional properties of plant proteins. Review of the subject field. *Chemistry of Plant Raw Materials*, (4), 5–23 (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240413599>
- Бурак, Л. Ч. & Карбанович, В.И.(2024b) Влияние валоризованных растительных белков и фенольных соединений на пищевую ценность и усвояемость. Обзор последних достижений. *Научное обозрение. Технические науки*, (2), 35–41. <https://doi.org/10.17513/srts.1464>
- Burak, L. Ch., & Karbanovich, V. I. (2024b) Effect of valorized plant proteins and phenolic compounds on nutritional value and digestibility. A review of recent advances. *Scientific Review. Engineering Sciences*, (2), 35–41, (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/srts.1464>
- Бурак, Л. Ч.(2023). Обзор разработок биоразлагаемых упаковочных материалов для пищевой промышленности. *Ползуновский вестник*, (1),91–105 <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.012>
- Burak, L. Ch. (2023). Review of the development of biodegradable packaging materials for the food industry. *Polzunovsky Vestnik*, (1),91–105 (In Russ.) <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.012>
- Бурак, Л. Ч.(2023а). Использование современных технологий в производстве ферментированных продуктов. *Научное обозрение. Технические науки*, (5), 5–13. <https://doi.org/10.17513/srts.1446>
- Burak, L. C. (2023a). Use of modern technologies in the production of fermented products. *Scientific review. Engineering sciences*, (5), 5–13. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/srts.1446>
- Бурак, Л. Ч., & Сапач, А.Н.(2023). Биологически активные вещества бузины: свойства, методы извлечения и сохранения. *Пищевые системы*, 6(1), 80–94. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-80-94>
- Burak, L. Ch., & Sapach, A. N. (2023). Biologically active substances of elderberry: properties, methods of extraction and preservation. *Food Systems*, 6(1), 80–94 (In Russ.) <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-80-94>
- Бурак, Л. Ч., Ермошина, Т.В., & Королева, Л. П.(2023а) Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски. *Экология и промышленность России*, 27(5), 58–63 <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-5-58-63>

- Burak, L. Ch., Ermoshina, T. V., & Koroleva, L. P. (2023a) Pollution of the soil environment with microplastics, influencing factors and environmental risks. *Ecology and Industry of Russia*, 27(5), 58–63(In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-5-58-63>
- Бурак, Л. Ч. , & Завалей, А.П.(2023b). Биоконсервация растительного сырья пробиотиками и полезными микроорганизмами. Научное обозрение. *Биологические науки*, 2, 40–50. <https://doi.org/10.17513/srbs.1327>
- Burak, L. Ch. & Zavaley, A. P. (2023b). Biopreservation of plant materials with probiotics and beneficial microorganisms. *Scientific review. Biological sciences*, 2, 40–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/srbs.1327>
- Бурак, Л. Ч.(2022) Использование бузины (*Sambucus nigra* L.) в пищевой промышленности: состояние и дальнейшие перспективы (Обзор). *Химия растительного сырья*, 3, 49–69. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310937>
- Burak, L. C. (2022) Use of elderberry (*Sambucus nigra* L.) in the food industry: status and future prospects (Review). *Chemistry of plant raw materials*, 3, 49–69 (In Russ.)<https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310937>
- Друк И. В., Семенова, Е. В., Логинова, Е. Н., Кореннова, О. Ю., Семенкин, А. А., Лялюкова, Е. А., & Надей, Е. В.(2022). Факторы риска развития онкопатологии. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*, 205(9), 116–128. <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-205-9-116-128>
- Druk I. V., Semenova, E. V., Loginova, E. N., Korennova, O. Yu., Semenkin, A. A., Lyalyukova, E. A&., Nadey, E. V. (2022). Risk factors for the development of oncopathology. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 205(9), 116–128 (In Russ.)<https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-205-9-116-128>
- Елиашевич, С.О., Игнатиади, А.С., Нуньес Араухо, Д.Д., Мишарова, А.П., Ахундова, Х.Р., & Драпкина, О.М.(2024). Попытки качественной оценки углеводного компонента в пище. *Эндокринология: новости, мнения, обучение*, 13(4), 65–71. <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2024-13-4-65-71>
- Eliashevich, S.O., Ignatiadi, A.S., Nunez Araujo, D.D., Misharova, A.P., Akhundova, H.R.& Drapkina, O.M. (2024). Attempts at a qualitative assessment of the carbohydrate component in food. *Endocrinology: news, opinions, training*, 13(4), 65–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2024-13-4-65-71>
- Елиашевич, С.О., Мишарова, А.П.& Драпкина, О.М.(2024). Ремиссия сахарного диабета 2 типа: возможности различных стилей питания. *Сахарный диабет*, 27(2), 168–173. <https://doi.org/10.14341/DM13050>
- Eliashevich, S.O., Misharova, A.P., Drapkina, O.M. (2024). Remission of type 2 diabetes mellitus: possibilities of different eating styles. *Diabetes mellitus*, 27(2), 168–173. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/DM13050>
- Ильенкова, Н. А., Чикунов, В. В., & Сергиенко, Д. Ф. (2023). Коррекция питания пациентов, получающих длительную терапию глюкокортикостероидами. *Астраханский медицинский журнал*, 18(2), 16–23 <https://doi.org/10.29039/1992-6499-2023-2-16-23>
- Ilyenkova, N. A., Chikunov, V. V., & Sergienko, D. F. (2023). Correction of nutrition of patients receiving long-term glucocorticosteroid therapy. *Astrakhan Medical Journal*, 18(2), 16–23, (In Russ.) <https://doi.org/10.29039/1992-6499-2023-2-16-23>
- Карамнова, Н.С.& Швабская, О.Б. (2024) Актуальные акценты рациона питания лиц пожилого возраста: описательный обзор литературы. *Кардиосоматика*, 15(2), 154–170. <https://doi.org/10.17816/CS625902>
- Karamnova, N.S., & Shvabskaya, O.B. (2024) Current accents of the diet of elderly people: a descriptive review of the literature. *CardioSomatika*, 15(2), 154–170. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/CS625902>
- Панькова, М.Н.(2024). Ожирение и антисократительные эффекты жировой ткани в регуляции тонуса аорты. *Тимирязевский биологический журнал*, 2(2), 80–85. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>
- Pankova, M.N. (2024). Obesity and anticontractile effects of adipose tissue in the regulation of aortic tone. *Timiryazev Biological Journal*, 2(2), 80–85. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>
- Шкрабтак, Н. В.(2022). Взаимосвязь пандемии COVID-19, питания и качества жизни населения. Научное обозрение. *Медицинские науки*, 4, 73–77. <https://doi.org/10.17513/srms.1276>
- Shkrabtak, N. V. (2022). The relationship between the COVID-19 pandemic, nutrition and quality of life of the population. *Scientific review. Medical sciences*, 4, 73–77. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/srms.1276>
- Petridi, E, Karatzi, K, Magriplis, E, Charidemou, E, Philippou, E, & Zampelas, A. The impact of ultra-processed foods on obesity and cardiometabolic comorbidities in children and adolescents: a systematic review. *Nutr Rev*. 2024 Jun 10;82(7):913–928. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad095>
- Pires, R. K., Griep, R. H., Scaranni, P. d. O. d. S., Moreno, A. B., Molina, M. d. C. B., Luft, V. C., da Fonseca, M. d. J. M., & Cardoso, L. d. O. (2024). Stress and the Consumption of Ultra-Processed Foods during COVID-19's Social Distancing:

- Are Mental Disorders Mediators in This Association? ELSA-Brasil Results. *Nutrients*, 16(13), 2097. <https://doi.org/10.3390/nu1613209>
- Adams, J., & White, M. (2015). Characterisation of UK diets according to degree of food processing and associations with socio-demographics and obesity: Cross-sectional analysis of UK National Diet and Nutrition Survey (2008–12). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 160 <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0317-y>.
- Aggarwal, A., Gupta, S., Rose, C. M., Buszkiewicz, J., Ko, L. K., Mou, J., Cook, A., & Drewnowski, A. (2021). Characterising percentage energy from ultra-processed foods by participant demographics, diet quality and diet cost: Findings from the Seattle Obesity Study (SOS) III. *British Journal of Nutrition*, 126(5), 773–781. <https://doi.org/10.1017/S0007114520004705>
- Aguilera, J. M. (2019). The food matrix: Implications in processing, nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3612–3629. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1502743>
- Aguilera, J. M. (2022). Rational food design and food microstructure. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.006>
- Akhlaghi, M. (2022). The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–12. Published Online: 04 Oct 2022. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2130160>
- Alegría-Torán, A., Barberá-Sáez, R., & Cilla-Tatay, A. (2015). Bioavailability of minerals in foods. *Chapter 3. Handbook of Mineral Elements in Food*, M. Guardia, & S. Garrigues (Editors). pp. 41–67. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Ameer, K., Shahbaz, H. M., & Kwon, J. H. (2017). Green extraction methods for polyphenols from plant matrices and their byproducts: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*
- Ashaolu, T. J., Lee, C. C., Ashaolu, J. O., Pourjafar, H., & Jafari, S. M. (2023). Metal-binding peptides and their potential to enhance the absorption and bioavailability of minerals. *Food Chemistry*, 428, 136678. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136678>
- Aramburu, A., Alvarado-Gamarra, G., Cornejo, R., Curi-Quinto, K., Díaz-Parra, C., Rojas-Limache, G., & Lanata, C. F. (2024). Ultra-processed foods consumption and health-related outcomes: a systematic review of randomized controlled trials. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1421728>
- Astbury, C. C., Penney, T. L., & Adams, J. (2019). Comparison of individuals with low versus high consumption of home-prepared food in a group with universally high dietary quality: A cross-sectional analysis of the UK National Diet & Nutrition Survey (2008–2016). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0768-7>
- Astrup, A., Magkos, F., Bier, D. M., Brenna, J. T., De Oliveira Otto, M. C., Hill, J. O., King, J. C., Mente, A., Ordovas, J. M., Volek, J. S., Yusuf, S., & Krauss, R. M. (2020). Saturated fats and health: A reassessment and proposal for food-based recommendations: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(7), 844–857. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.05.077>
- Astrup, A., & Monteiro, C. A. (2022). Does the concept of “ultra-processed foods” help inform dietary guidelines, beyond conventional classification systems? NO. *American Journal of Clinical Nutrition*, 116(6), 1482–1488. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac123>
- Astrup, A., Teicholz, N., Magkos, F., Bier, D. M., Brenna, J. T., King, J. C., Mente, A., Ordovas, J. M., Volek, J. S., Yusuf, S., & Krauss, R. M. (2021). Dietary saturated fats and health: Are the US guidelines evidence-based? *Nutrients*, 13(10), 3305. <https://doi.org/10.3390/nu13103305>
- Auerbach, B. J., Dibey, S., Vallila-Buchman, P., Kratz, M., & Krieger, J. (2018). Review of 100 % fruit juice and chronic health conditions: Implications for sugar-sweetened beverage policy. *Advances in Nutrition*, 9(2), 78–85. <https://doi.org/10.1093/advances/nmx006>
- Ayua, E. O., Nkhata, S. G., Namaumbo, S. J., Kamau, E. H., Ngoma, T. N., & Aduol, K. O. (2021). Polyphenolic inhibition of enterocytic starch digestion enzymes and glucose transporters for managing type 2 diabetes may be reduced in food systems. *Heliyon*, 7(2), e06245. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06245>
- Azad, M. B., Abou-Setta, A. M., Chauhan, B. F., Rabbani, R., Lys, J., Copstein, L., Mann, A., Jeyaraman, M. M., Reid, A. E., Fiander, M., Mackay, D. S., McGavock, J., Wicklow, B., & Zarychanski, R. (2017). Nonnutritive sweeteners and cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohort studies. *Canadian Medical Association Journal*, 189(28), E929–E939. <https://doi.org/10.1503/cmaj.161390>
- Bai, Y. M., & Gilbert, R. G. (2022). Mechanistic understanding of the effects of pectin on in vivo starch digestion: A review. *Nutrients*, 14(23), 5107. <https://doi.org/10.3390/nu14235107>

- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Perez-Moral, N., Saha, S., Ryden, P., Ahn-Jarvis, J., Van Der Schoot, A., Bland, C., Berry, S. E., Ellis, P. R., & Edwards, C. H. (2023). Enhanced secretion of satiety-promoting gut hormones in healthy humans after consumption of white bread enriched with cellular chickpea flour: A randomized crossover study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 117(3), 477–489. <https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2022.12.008>
- Ballini, A., Charitos, I. A., Cantore, S., Topi, S., Bottalico, L., & Santacroce, L. (2023). About functional foods: The probiotics and prebiotics state of art. *Antibiotics*, 12(4), 635. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040635>
- Baraldi, L. G., Steele, E. M., Canella, D. S., & Monteiro, C. A. (2018). Consumption of ultra-processed foods and associated sociodemographic factors in the USA between 2007 and 2012: Evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open*, 8(3), e020574. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020574>
- Bastings, J., Venema, K., Blaak, E. E., & Adam, T. C. (2023). Influence of the gut microbiota on satiety signaling. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 34(4), 243–255. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2023.02.003>
- Becker, P. M., & Yu, P. Q. (2013). What makes protein indigestible from tissue-related, cellular, and molecular aspects? *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(10), 1695–1707. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200592>
- Belc, N., Smeu, I., Macri, A., Vallauri, D., & Flynn, K. (2019). Reformulating foods to meet current scientific knowledge about salt, sugar and fats. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 25–28. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.002>
- Belobrajdic, D. P., Regina, A., Klingner, B., Zajac, I., Chapron, S., Berbezy, P., & Bird, A. R. (2019). High-amylose wheat lowers the postprandial glycemic response to bread in healthy adults: A randomized controlled crossover trial. *Journal of Nutrition*, 149(8), 1335–1345. <https://doi.org/10.1093/jn/nxz067>
- Bel-Rhliid, R., Berger, R. G., & Blank, I. (2018). Bio-mediated generation of food flavors—Towards sustainable flavor production inspired by nature. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.004>
- Bensid, A., El Abed, N., Houicher, A., Regenstein, J. M., & Ozogul, F. (2022). Antioxidant and antimicrobial preservatives: Properties, mechanism of action and applications in food—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(11), 2985–3001. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1862046>
- Bhattarai, R. R., Dhital, S., Mense, A., Gidley, M. J., & Shi, Y. C. (2018). Intact cellular structure in cereal endosperm limits starch digestion in vitro. *Food Hydrocolloids*, 81, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.027>
- Bohl, M., Gregersen, S., Zhong, Y. Y., Hebelstrup, K. H., & Hermansen, K. (2023). Beneficial glycaemic effects of high-amylose barley bread compared to wheat bread in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 243–250. <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01364-x>
- Bojarczuk, A., Skąpska, S., Khaneghah, A. M., & Marszałek, K. (2022). Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of Functional Foods*, 93, 105094. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094>
- Botella-Martínez, C., Muñoz-Tebar, N., Lucas-González, R., Perez-Alvarez, J. A., Fernandez-López, J., & Viuda-Martos, M. (2023). Assessment of chemical, physico-chemical and sensory properties of low-sodium beef burgers formulated with flours from different mushroom types. *Foods*, 12(19), 3591. <https://doi.org/10.3390/foods12193591>
- Cao, Y., Liu, H. L., Qin, N. B., Ren, X. M., Zhu, B. W., & Xia, X. D. (2020). Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 295–310. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.006>
- Carlson, J., & Slavin, J. (2016). Health benefits of fibre, prebiotics and probiotics: A review of intestinal health and related health claims. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(4), 539–553. <https://doi.org/10.3920/qas2015.0791>
- Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
- Carrillo, C., Buvé, C., Panozzo, A., Grauwet, T., & Hendrickx, M. (2017). Role of structural barriers in the *in vitro* bioaccessibility of anthocyanins in comparison with carotenoids. *Food Chemistry*, 227, 271–279. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.062>
- Chassaing, B., Koren, O., Goodrich, J. K., Poole, A. C., Srinivasan, S., Ley, R. E., & Gewirtz, A. T. (2015). Dietary emulsifiers impact the mouse gut microbiota promoting colitis and metabolic syndrome. *Nature*, 519, 92–96. <https://doi.org/10.1038/nature14232>
- Chassaing, B., Van de Wiele, T., De Bodt, J., Marzorati, M., & Gewirtz, A. T. (2017). Dietary emulsifiers directly alter human microbiota composition and gene expression *ex vivo* potentiating intestinal inflammation. *Gut*, 66(8), 1414–1427. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2016-313099>

- Chazelas, E., Druenes-Pecollo, N., Esseddik, Y., De Edelenyi, F. S., Agaesse, C., De Sa, A., Lutchia, R., Rebouillat, P., Srouf, B., Debras, C., Wendeu-Foyet, G., Huybrechts, I., Pierre, F., Coumoul, X., Julia, C., Kesse-Guyot, E., Allès, B., Galan, P., Hercberg, S., & Touvier, M. (2021). Exposure to food additive mixtures in 106,000 French adults from the NutriNet-Sante cohort. *Scientific Reports*, 11(1), 19680. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98496-6>
- Chen, Y., Stieger, M., Capuano, E., Forde, C. G., Van Der Haar, S., Ummels, M., Van Den Bosch, H., & De Wijk, R. (2022). Influence of oral processing behaviour and bolus properties of brown rice and chickpeas on in vitro starch digestion and postprandial glycaemic response. *European Journal of Nutrition*, 61(8), 3961–3974. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02935-7>
- Chi, C. D., Shi, M. M., Zhao, Y. T., Chen, B. L., He, Y. J., & Wang, M. Y. (2022). Dietary compounds slow starch enzymatic digestion: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1004966. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1004966>
- Christofides, E. A. (2021). POINT: Artificial sweeteners and obesity—Not the solution and potentially a problem. *Endocrine Practice*, 27(10), 1052–1055. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2021.08.001>
- Chung, C., Smith, G., Degner, B., & McClements, D. J. (2016). Reduced fat food emulsions: Physicochemical, sensory, and biological aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(4), 650–685. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.792236>
- Cifuentes, L., & Acosta, A. (2022). Homeostatic regulation of food intake. *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, 46(2), 101794. <https://doi.org/10.1016/j.clinre.2021.101794>
- Colosimo, R., Warren, F. J., Edwards, C. H., Ryden, P., Dyer, P. S., Finnigan, T. J. A., & Wilde, P. J. (2021). Comparison of the behavior of fungal and plant cell wall during gastrointestinal digestion and resulting health effects: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.001>
- Contreras-Rodriguez, O., Solanas, M., & Escorihuela, R. M. (2022). Dissecting ultra-processed foods and drinks: Do they have a potential to impact the brain? *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 23(4), 697–717. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09711-2>
- Cordova, R., Viallon, V., Fontvieille, E., Peruchet-Noray, L., Jansana, A., Wagner, K.-H., Kyrø, C., Tjønneland, A., Katzke, V., Bajracharya, R., Schulze, M. B., Masala, G., Sieri, S., Panico, S., Ricceri, F., Tumino, R., Boer, J. M. A., Verschuren, W. M. M., Van Der Schouw, Y. T., & Freisling, H. (2023). Consumption of ultra-processed foods and risk of multimorbidity of cancer and cardiometabolic diseases: A multinational cohort study. *The Lancet Regional Health—Europe*, 35, 100771. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2023.100771>
- Corrado, M., Ahn-Jarvis, J. H., Fahy, B., Savva, G. M., Edwards, C. H., & Hazard, B. A. (2022). Effect of high-amylose starch branching enzyme II wheat mutants on starch digestibility in bread, product quality, postprandial satiety and glycaemic response. *Food & Function*, 13(3), 1617–1627. <https://doi.org/10.1039/d1fo03085j>
- Coyle, D. H., Huang, L., Shahid, M., Gaines, A., Di Tanna, G. L., Louie, J. C. Y. U., Pan, X., Marklund, M., Neal, B., & Wu, J. H. Y. (2022). Socio-economic difference in purchases of ultra-processed foods in Australia: An analysis of a nationally representative household grocery purchasing panel. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 148. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01389-8>
- Cverenkova, K., Valachovicova, M., Mackulak, T., Zemlicka, L., & Birosova, L. (2021). Microplastics in the food chain. *Life*, 11(12), 1349. <https://doi.org/10.3390/life11121349>
- Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2022). Probiotics, prebiotics, synbiotics, and fermented foods as potential biotics in nutrition improving health via microbiome-gut-brain axis. *Fermentation*, 8(7), 303. <https://doi.org/10.3390/fermentation8070303>
- da Silva, R. C., Ferdaus, M. J., Foguel, A., & Silva, T. L. T. (2023). Oleogels as a fat substitute in food: A current review. *Gels*, 9(3), 180. <https://doi.org/10.3390/gels9030180>
- Davis, C. (2014). Evolutionary and neuropsychological perspectives on addictive behaviors and addictive substances: Relevance to the “food addiction” construct. *Substance Abuse and Rehabilitation*, 5, 129–137. <https://doi.org/10.2147/sar.S56835>
- de Graaf, K. (2020). *Psychobiology behind the effect of ultraprocessed food consumption on energy intake*. Paper presented at the EUFIC Symposium. <https://www.eufic.org/en/newsroom/article/processed-foods-symposium-how-to-communicate-about-what-we-dont-know>
- de Mejia, E. G., Zhang, Q. Z., Penta, K., Eroglu, A., & Lila, M. A. (2020). The colors of health: Chemistry, bioactivity, and market demand for colorful foods and natural food sources of colorants. In M. P. Doyle & D. J. McClements (Eds.), *Annual review of food science and technology* (Vol. 11, pp. 145–182). Annual Reviews, San Mateo, CA.
- Di Nunzio, M., Loffi, C., Montalbano, S., Chiarello, E., Dellaflora, L., Picone, G., Antonelli, G., Tedeschi, T., Buschini, A., Capozzi, F., Galaverna, G., & Bordonì, A. (2022). Cleaning the label of cured meat; effect of the replacement of

- nitrites on nutrients bioaccessibility, peptides formation, and cellular toxicity of in vitro digested salami. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20), 12555. <https://doi.org/10.3390/ijms232012555>
- Dumitriu, O. B., & Dima, S. (2016). Biopolymer-based techniques for encapsulation of phytochemicals bioactive in food and drug. *Materiale Plastice*, 53(1), 126–129.
- Eaton, J. C., & Iannotti, L. L. (2017). Genome-nutrition divergence: Evolving understanding of the malnutrition spectrum. *Nutrition Reviews*, 75(11), 934–950. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux055>
- Edwards, C. H., Ryden, P., Pinto, A. M., Van Der Schoot, A., Stocchi, C., Perez-Moral, N., Butterworth, P. J., Bajka, B., Berry, S. E., Hill, S. E., & Ellis, P. R. (2020). Chemical, physical and glycaemic characterisation of PulseON®: A novel legume cell-powder ingredient for use in the design of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 68, 103918. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103918>
- Elizabeth, L., Machado, P., Zinöcker, M., Baker, P., & Lawrence, M. (2020). Ultra-processed foods and health outcomes: A narrative review. *Nutrients*, 12(7), 1955. <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/7/1955>
- Engelen, L., Fontijn-Tekamp, A., & van der Bilt, A. (2005). The influence of product and oral characteristics on swallowing. *Archives of Oral Biology*, 50(8), 739–746. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2005.01.004>
- Estruch, R., Vendrell, E., Ruiz-León, A. M., Casas, R., Castro-Barquero, S., & Alvarez, X. (2020). Reformulation of pastry products to improve effects on health. *Nutrients*, 12(6), 1709. <https://doi.org/10.3390/nu12061709>
- Fanzo, J., McLaren, R., Bellows, A., & Carducci, B. (2023). Challenges and opportunities for increasing the effectiveness of food reformulation and fortification to improve dietary and nutrition outcomes. *Food Policy*, 119, 102515. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102515>
- Fardet, A., Leenhardt, F., Lioger, D., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2006). Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutrition Research Reviews*, 19(1), 18–25. <https://doi.org/10.1079/nrr2006118>
- Fardet, A., Méjean, C., Labouré, H., Andreeva, V. A., & Feron, G. (2017). The degree of processing of foods which are most widely consumed by the French elderly population is associated with satiety and glycemic potentials and nutrient profiles. *Food & Function*, 8(2), 651–658. <https://doi.org/10.1039/c6fo01495j>
- Fardet, A., & Rock, E. (2019). Ultra-processed foods: A new holistic paradigm? *Trends in Food Science & Technology*, 93, 174–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.016>
- Fellows, P. J. (2017). A brief history of food processing introduction. In *Food processing technology: Principles and practice* (4th ed., pp. XV–XXIII). Cambridge, UK.
- Ferreira, V. C., Barroso, T., Castro, L. E. N., da Rosa, R. G., & Oliveira, L. D. (2023). An overview of prebiotics and their applications in the food industry. *European Food Research and Technology*, 249(11), 2957–2976. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04341-7>
- Ferysiuk, K., & Wójciak, K. M. (2020). Reduction of nitrite in meat products through the application of various plant-based ingredients. *Antioxidants*, 9(8), 711. <https://doi.org/10.3390/antiox9080711>
- Foggiaro, D., Domínguez, R., Pateiro, M., Cittadini, A., Munekata, P. E. S., Campagnol, P. C. B., Fraqueza, M. J., De Palo, P., & Lorenzo, J. M. (2022). Use of healthy emulsion hydrogels to improve the quality of pork burgers. *Foods*, 11(4), 596. <https://doi.org/10.3390/foods11040596>
- Forde, C. G., & Decker, E. A. (2022). The importance of food processing and eating behavior in promoting healthy and sustainable diets. *Annual Review of Nutrition*, 42, 377–399. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-062220-030123>
- Forde, C. G., & de Graaf, K. (2022). Influence of sensory properties in moderating eating behaviors and food intake. *Frontiers in Nutrition*, 9, 841444. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.841444>
- Fu, Q. Q., Yang, J. T., Lv, L. Y., Shen, T. R., Peng, Y., & Zhang, W. (2023). Effects of replacing chicken breast meat with *Agaricus bisporus* mushrooms on the qualities of emulsion-type sausages. *LWT*, 184, 114983. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114983>
- Gearhardt, A. N., & DiFeliceantonio, A. G. (2023). Highly processed foods can be considered addictive substances based on established scientific criteria. *Addiction*, 118(4), 589–598. <https://doi.org/10.1111/add.16065>
- Geng, Y., Mou, Y., Xie, Y., Ji, J., Chen, F., Liao, X., Hu, X., & Ma, L. (2023). Dietary advanced glycation end products: An emerging concern for processed foods. *Food Reviews International*, 40(1), 417–433. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2169867>
- Gerasimidis, K., Bryden, K., Chen, X., Papachristou, E., Verney, A., Roig, M., Hansen, R., Nichols, B., Papadopoulou, R., & Parrett, A. (2020). The impact of food additives, artificial sweeteners and domestic hygiene products on the human gut microbiome and its fibre fermentation capacity. *European Journal of Nutrition*, 59(7), 3213–3230. <https://doi.org/10.1007/s00394-019-02161-8>

- Giuntini, E. B., Sardá, F. A. H., & de Menezes, E. W. (2022). The effects of soluble dietary fibers on glycemic response: An overview and futures perspectives. *Foods*, 11(23), 3934. <https://doi.org/10.3390/foods11233934>
- Gonzalez-Anton, C., Rico, M. C., Sanchez-Rodriguez, E., Ruiz-Lopez, M. D., Gil, A., & Mesa, M. D. (2015). Glycemic responses, appetite ratings and gastrointestinal hormone responses of most common breads consumed in Spain. A randomized control trial in healthy humans. *Nutrients*, 7(6), 4033–4053. <https://www.mdpi.com/2072-6643/7/6/4033>
- González-López, M. E., Calva-Estrada, S. D., Gradilla-Hernández, M. S., & Barajas-Alvarez, P. (2023). Current trends in biopolymers for food packaging: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1225371. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1225371>
- Greenwood, D. C., Threapleton, D. E., Evans, C. E. L., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., & Burley, V. J. (2014). Association between sugar-sweetened and artificially sweetened soft drinks and type 2 diabetes: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 725–734. <https://doi.org/10.1017/s0007114514001329>
- Gu, Q. Z., Yin, Y., Yan, X. J., Liu, X. B., Liu, F. G., & McClements, D. J. (2022). Encapsulation of multiple probiotics, synbiotics, or nutrabiobiotics for improved health effects: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 309, 102781. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2022.102781>
- Gupta, S., Rose, C. M., Buszkiewicz, J., Ko, L. K., Mou, J., Cook, A., Aggarwal, A., & Drewnowski, A. (2021). Characterising percentage energy from ultra-processed foods by participant demographics, diet quality and diet cost: Findings from the Seattle Obesity Study (SOS) III. *British Journal of Nutrition*, 126(5), 773–781. <https://doi.org/10.1017/s0007114520004705>
- Ha, O. R., Lim, S. L., Bruce, J. M., & Bruce, A. S. (2019). Unhealthy foods taste better among children with lower self-control. *Appetite*, 139, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.04.015>
- Hägele, F. A., Büsing, F., Nas, A., Aschoff, J., Gnädinger, L., Schweiggert, R., Carle, R., & Bosy-Westphal, A. (2018). High orange juice consumption with or in-between three meals a day differently affects energy balance in healthy subjects. *Nutrition & Diabetes*, 8, 19. <https://doi.org/10.1038/s41387-018-0031-3>
- Hamano, S., Sawada, M., Aihara, M., Sakurai, Y., Sekine, R., Usami, S., Kubota, N., & Yamauchi, T. (2024). Ultra-processed foods cause weight gain and increased energy intake associated with reduced chewing frequency: A randomized, open-label, crossover study. *Diabetes Obes Meta*, 26(11), 5431–5443. <https://doi.org/10.1111/dom.15922>
- Hamel, V., Nardocci, M., Flexner, N., Bernstein, J., L'Abbé, M. R., & Moubarac, J. C. (2022). Consumption of ultra-processed foods is associated with free sugars intake in the Canadian population. *Nutrients*, 14(3), 708. <https://doi.org/10.3390/nu14030708>
- Han, N., Fan, J. L., Chen, N., & Chen, H. Q. (2022). Effect of ball milling treatment on the structural, physicochemical and digestive properties of wheat starch, A- and B-type starch granules. *Journal of Cereal Science*, 104, 103439. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103439>
- Hancock, S., Zinn, C., & Schofield, G. (2020). The consumption of processed sugar- and starch-containing foods, and dental caries: A systematic review. *European Journal of Oral Sciences*, 128(6), 467–475. <https://doi.org/10.1111/eos.12743>
- Harsha, P., & Lavelli, V. (2019). Use of grape pomace phenolics to counteract endogenous and exogenous formation of advanced glycation end-products. *Nutrients*, 11(8), 1917. <https://doi.org/10.3390/nu11081917>
- Hayes, A. M. R., Gozzi, F., Diatta, A., Gorissen, T., Swackhamer, C., Bellmann, S., & Hamaker, B. R. (2021). Some pearl millet-based foods promote satiety or reduce glycaemic response in a crossover trial. *British Journal of Nutrition*, 126(8), 1168–1178. <https://doi.org/10.1017/s0007114520005036>
- He, T., Zhang, X., Zhao, L., Zou, J., Qiu, R., Liu, X., Hu, Z., & Wang, K. (2023a). Insoluble dietary fiber from wheat bran retards starch digestion by reducing the activity of alpha-amylase. *Food Chemistry*, 426, 136624. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136624>
- He, X., Chen, L. Y., Pu, Y. J., Wang, H. X., Cao, J. K., & Jiang, W. B. (2023b). Fruit and vegetable polyphenols as natural bioactive inhibitors of pancreatic lipase and cholesterol esterase: Inhibition mechanisms, polyphenol influences, application challenges. *Food Bioscience*, 55, 103054. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103054>
- He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., Su, X., & Zhang, C. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>
- Helou, C., Gadonna-Widehem, P., Robert, N., Branlard, G., Thebault, J., Librere, S., Jacquot, S., Mardon, J., Piquet-Pissaloux, A., Chapron, S., Chatillon, A., Niquet-Léridon, C., & Tessier, F. J. (2016). The impact of raw materials and

- baking conditions on Maillard reaction products, thiamine, folate, phytic acid and minerals in white bread. *Food & Function*, 7(6), 2498–2507. <https://doi.org/10.1039/c5fo01341k>
- Heuven, L. A. J., de Graaf, K., Forde, C. G., & Bolhuis, D. P. (2023). Al dente or well done? How the eating rate of a pasta dish can be predicted by the eating rate of its components. *Food Quality and Preference*, 108, 104883. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104883>
- Hirt, N., & Body-Malapel, M. (2020). Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: A review of the literature. *Particle and Fibre Toxicology*, 17(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00387-7>
- Ho, K., Ferruzzi, M. G., & Wightman, J. D. (2020). Potential health benefits of (poly)phenols derived from fruit and 100 % fruit juice. *Nutrition Reviews*, 78(2), 145–174. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz041>
- Hoehn, D., Margallo, M., Laso, J., Fernández-Ríos, A., Ruiz-Salmón, I., & Aldaco, R. (2022). Energy systems in the food supply chain and in the food loss and waste valorization processes: A systematic review. *Energies*, 15(6), 2234. <https://doi.org/10.3390/en15062234>
- Hollis, J. H. (2018). The effect of mastication on food intake, satiety and body weight. *Physiology & Behavior*, 193, 242–245. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.04.027>
- Holm, J., & Bjorck, I. (1992). Bioavailability of starch in various wheat-based bread products—Evaluation of metabolic responses in healthy-subjects and rate and extent of invitro starch digestion. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55(2), 420–429. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.2.420>
- Hu, X. Y., Zhou, H. L., & McClements, D. J. (2022). Utilization of emulsion technology to create plant-based adipose tissue analogs: Soy-based high internal phase emulsions. *Food Structure*, 33, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100290>
- Huang, S. H., Huang, M., & Dong, X. L. (2023). Advanced glycation end products in meat during processing and storage: A review. *Food Reviews International*, 39(3), 1716–1732. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1936003>
- Hutchings, S. C., Low, J. Y. Q., & Keast, R. S. J. (2019). Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2287–2307. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1450214>
- Imamura, F., O'Connor, L., Ye, Z., Mursu, J., Hayashino, Y., Bhupathiraju, S. N., & Forouhi, N. G. (2015). Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: Systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ*, 351, h3576. <https://doi.org/10.1136/bmj.h3576>
- Iriondo-DeHond, M., Miguel, E., & Del Castillo, M. D. (2018). Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. *Nutrients*, 10(10), 1358. <https://doi.org/10.3390/nu10101358>
- Jacobsen, C. (2015). Some strategies for the stabilization of long chain n-3 PUFA-enriched foods: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(11), 1853–1866. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500137>
- James-Martin, G., Baird, D. L., Hendrie, G. A., Bogard, J., Anastasiou, K., Brooker, P. G., Wiggins, B., Williams, G., Herrero, M., Lawrence, M., Lee, A. J., & Riley, M. D. (2022). Environmental sustainability in national food-based dietary guidelines: A global review. *Lancet Planetary Health*, 6(12), E977–E986.
- Jesionowska, M., Ovadia, J., Hockemeyer, K., Clews, A. C., & Xu, Y. (2023). EPA and DHA in microalgae: Health benefits, biosynthesis, and metabolic engineering advances. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 100(11), 831–842. <https://doi.org/10.1002/aocs.12718>
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2017). Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 26–33. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>
- Jin, M. K., Wang, X., Ren, T., Wang, J., & Shan, J. J. (2021). Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. *Journal of Food Science*, 86(7), 2816–2837. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15802>
- Jones, O. G., & McClements, D. J. (2010). Functional biopolymer particles: Design, fabrication, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 374–397. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00118.x>
- Joye, I. (2019). Protein digestibility of cereal products. *Foods*, 8(6), 199. <https://doi.org/10.3390/foods8060199>
- Juul, F., Parekh, N., Martinez-Steele, E., Monteiro, C. A., & Chang, V. W. (2022). Ultra-processed food consumption among US adults from 2001 to 2018. *American Journal of Clinical Nutrition*, 115(1), 211–221. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab305>

- Juul, F., Vaidean, G., & Parekh, N. (2021). Ultra-processed foods and cardiovascular diseases: Potential mechanisms of action. *Advances in Nutrition*, 12(5), 1673–1680. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab049>
- Kadac-Czapska, K., Knez, E., Gierszewska, M., Olewnik-Kruszkowska, E., & Grembecka, M. (2023). Microplastics derived from food packaging waste—Their origin and health risks. *Materials*, 16(2), 674. <https://doi.org/10.3390/ma16020674>
- Kan, L. J., Oliviero, T., Verkerk, R., Fogliano, V., & Capuano, E. (2020). Interaction of bread and berry polyphenols affects starch digestibility and polyphenols bio-accessibility. *Journal of Functional Foods*, 68, 103924. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103924>
- Kaseke, T., Lujic, T., & Velickovic, T. C. (2023). Nano- and microplastics migration from plastic food packaging into dairy products: Impact on nutrient digestion, absorption, and metabolism. *Foods*, 12(16), 3043. <https://doi.org/10.3390/foods12163043>
- Kaur, K., Sharma, R., & Singh, S. (2020). Bioactive composition and promising health benefits of natural food flavors and colorants: Potential beyond their basic functions. *Pigment & Resin Technology*, 49(2), 110–118. <https://doi.org/10.1108/prt-02-2019-0009>
- Kelly, A. L., Baugh, M. E., Oster, M. E., & DiFeliceantonio, A. G. (2022). The impact of caloric availability on eating behavior and ultra-processed food reward. *Appetite*, 178, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106274>
- Kerry, R. G., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H. S., & Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 927–939. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.002>
- Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., & Sarkar, A. (2020). Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.032>
- Khandpur, N., Cediell, G., Obando, D. A., Jaime, P. C., & Parra, D. C. (2020). Sociodemographic factors associated with the consumption of ultra-processed foods in Colombia. *Revista De Saude Publica*, 54, 19. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001176>
- Korompokis, K., & Delcour, J. A. (2023). Components of wheat and their modifications for modulating starch digestion: Evidence from *in vitro* and *in vivo* studies. *Journal of Cereal Science*, 113, 103743. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103743>
- Korompokis, K., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2021). The impact of incorporating coarse wheat farina containing intact endosperm cells in a bread recipe on bread characteristics and starch digestibility. *Journal of Cereal Science*, 102, 103333. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103333>
- Kumar, A. P. N., Kumar, M., Jose, A., Tomer, V., Oz, E., Proestos, C., Zeng, M., Elobeid, T. K. S., & Oz, F. (2023a). Major phytochemicals: Recent advances in health benefits and extraction method. *Molecules*, 28(2), 887. <https://doi.org/10.3390/molecules28020887>
- Kumar, P., Mehta, N., Abubakar, A. A., Verma, A. K., Kaka, U., Sharma, N., Sazili, A. Q., Pateiro, M., Kumar, M., & Lorenzo, J. M. (2023b). Potential alternatives of animal proteins for sustainability in the food sector. *Food Reviews International*, 39(8), 5703–5728. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2094403>
- Kyriakopoulou, K., Keppler, J. K., & van der Goot, A. J. (2021). Functionality of ingredients and additives in plant-based meat analogues. *Foods*, 10(3), 600. <https://doi.org/10.3390/foods10030600>
- Labuschagne, P. (2018). Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. *Food Research International*, 107, 227–247. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.026>
- Laguerre, M., Lecomte, J., & Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, 46(5), 244–282. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.05.002>
- Laudan, R. (2019). A Plea for Culinary Modernism *Why We Should Love Fast, Modern, Processed Food (With a New Postscript)*. In *The Gastronomica Reader*, D. Goldstein, (Ed.), The University of California Press, Berkeley, pp. 280–291. <https://doi.org/10.1525/9780520945753>
- Lauria, F., Russo, M. D., Formisano, A., De Henauw, S., Hebestreit, A., Hunsberger, M., Krogh, V., Intemann, T., Lissner, L., Molnar, D., Moreno, L. A., Reisch, L. A., Tornaritis, M., Veidebaum, T., Williams, G., Siani, A., & Russo, P. (2021). Ultra-processed foods consumption and diet quality of European children, adolescents and adults: Results from the I. Family study. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 31(11), 3031–3043. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.07.019>
- Li, P., Zhang, B., & Dhital, S. (2019). Starch digestion in intact pulse cells depends on the processing induced permeability of cell walls. *Carbohydrate Polymers*, 225, 115204. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115204>

- Li, Y. O., González, V. P. D., & Diosady, L. L. (2014). Microencapsulation of Vitamins, Minerals, and Nutraceuticals for Food Applications. In: *Microencapsulation in the Food Industry*, R. Sobel, (Ed.), Academic Press, New York, NY. pp. 501–522. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404568-2.00038-8>
- Liu, F., Li, M., Wang, Q., Yan, J., Han, S., Ma, C., Ma, P., Liu, X., & McClements, D. J. (2022). Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(23), 6423–6444. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2033683>
- López-García, G., Dublan-García, O., Arizmendi-Cotero, D., & Oliván, L. M. G. (2022). Antioxidant and antimicrobial peptides derived from food proteins. *Molecules*, 27(4), 1343. <https://doi.org/10.3390/molecules27041343>
- Ludwig, D. S., Apovian, C. M., Aronne, L. J., Astrup, A., Cantley, L. C., Ebbeling, C. B., Heymsfield, S. B., Johnson, J. D., King, J. C., Krauss, R. M., Taubes, G., Volek, J. S., Westman, E. C., Willett, W. C., Yancy, W. S., & Friedman, M. I. (2022). Competing paradigms of obesity pathogenesis: Energy balance versus carbohydrate-insulin models. *European Journal of Clinical Nutrition*, 76(9), 1209–1221. <https://doi.org/10.1038/s41430-022-01179-2>
- Luhovyy, B. L., Mollard, R. C., Yurchenko, S., Nunez, M. F., Berengut, S., Liu, T. T., Smith, C. E., Pelkman, C. L., & Anderson, G. H. (2014). The effects of whole grain high-amylose maize flour as a source of resistant starch on blood glucose, satiety, and food intake in young men. *Journal of Food Science*, 79(12), H2550–H2556. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12690>
- Ma, L. X., Tu, H. J., & Chen, T. T. (2023). Postbiotics in human health: A narrative review. *Nutrients*, 15(2), 291. <https://doi.org/10.3390/nu15020291>
- Machín, L., Antúnez, L., Curutchet, M. R., & Ares, G. (2020). The heuristics that guide healthiness perception of ultra-processed foods: A qualitative exploration. *Public Health Nutrition*, 23(16), 2932–2940. <https://doi.org/10.1017/s1368980020003158>
- Maffini, M. V., Neltner, T. G., & Vogel, S. (2017). We are what we eat: Regulatory gaps in the United States that put our health at risk. *PLOS Biology*, 15(12), e2003578. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003578>
- Mandalari, G., Grundy, M. M.-L., Grassby, T., Parker, M. L., Cross, K. L., Chessa, S., Bisignano, C., Barreca, D., Bellocchio, E., Laganà, G., Butterworth, P. J., Faulks, R. M., Wilde, P. J., Ellis, P. R., & Waldron, K. W. (2014). The effects of processing and mastication on almond lipid bioaccessibility using novel methods of *in vitro* digestion modelling and micro-structural analysis. *British Journal of Nutrition*, 112(9), 1521–1529. <https://doi.org/10.1017/s0007114514002414>
- Maddaloni, L., Gobbi, L., Vinci, G., & Prencipe, S. A. Natural Compounds from Food By-Products in Preservation Processes: An Overview. *Processes* 2025, 13, 93. <https://doi.org/10.3390/pr13010093>
- Marino, M., Puppo, F., Del Bo, C., Vinelli, V., Riso, P., Porrini, M., & Martini, D. (2021). A systematic review of worldwide consumption of ultra-processed foods: Findings and criticisms. *Nutrients*, 13(8), 2778. <https://doi.org/10.3390/nu13082778>
- McClements, D. J. (2021). Advances in edible nanoemulsions: Digestion, bioavailability, and potential toxicity. *Progress in Lipid Research*, 81, 101081. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2020.101081>
- McClements, D. J. (2023a). *MeatLess: The next food revolution*. Springer Scientific.
- McClements, D. J. (2023b). Ultraprocessed plant-based foods: Designing the next generation of healthy and sustainable alternatives to animal-based foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(5), 3531–3559. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13204>
- McClements, D. J. (2024). Designing healthier and more sustainable ultraprocessed foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23, e13331. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13331>
- McClements, D. J., Bai, L., & Chung, C. (2017). Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 205–236.
- McClements, D. J., Chung, C., & Wu, B. C. (2017). Structural design approaches for creating fat droplet and starch granule mimetics. *Food & Function*, 8(2), 498–510. <https://doi.org/10.1039/c6fo00764c>
- McClements, D. J., Newman, E., & McClements, I. F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2047–2067. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505>
- Menta, R., Rosso, G., & Canzoneri, F. (2022). Plant-based: A perspective on nutritional and technological issues. Are we ready for “precision processing”? *Frontiers in Nutrition*, 9, 878926. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.878926>
- Merino, B., Fernández-Díaz, C. M., Cózar-Castellano, I., & Perdomo, G. (2020). Intestinal fructose and glucose metabolism in health and disease. *Nutrients*, 12(1), 94. <https://doi.org/10.3390/nu12010094>

- Messina, M., Sievenpiper, J. L., Williamson, P., Kiel, J., & Erdman, J. W. (2022). Perspective: Soy-based meat and dairy alternatives, despite classification as ultra-processed foods, deliver high-quality nutrition on par with unprocessed or minimally processed animal-based counterparts. *Advances in Nutrition*, 13(3), 726–738. <https://doi.org/10.1093/advances/nmac026>
- Monteiro, C. A., & Astrup, A. (2022). Does the concept of “ultra-processed foods” help inform dietary guidelines, beyond conventional classification systems? YES. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 116(6), 1476–1481. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac122>
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Lawrence, M., Louzada, M. L. C., & Machado, P. P. (2019a). *Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system*. (p. 48). FAO.
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J.-C., Louzada, M. L. C., Rauber, F., Khandpur, N., Cediel, G., Neri, D., Martinez-Steele, E., Baraldi, L. G., & Jaime, P. C. (2019b). Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. *Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941. <https://doi.org/10.1017/s1368980018003762>
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Moubarac, J. C., Levy, R. B., Louzada, M. L. C., & Jaime, P. C. (2018). The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutrition*, 21(1), 5–17. <https://doi.org/10.1017/s1368980017000234>
- Mozaffarian, D. (2016). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: A comprehensive review. *Circulation*, 133(2), 187–225. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.018585>
- Nepovinnikh, N. V., Kliukina, O. N., Ptichkina, N. M., & Bostan, A. (2019). Hydrogel based dessert of low calorie content. *Food Hydrocolloids*, 86, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.036>
- Nestel, P. J., & Mori, T. A. (2022). Dietary patterns, dietary nutrients and cardiovascular disease. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 23(1), 17. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2301017>
- Neumann, N. J., & Fasshauer, M. (2022). Added flavors: Potential contributors to body weight gain and obesity? *BMC Medicine*, 20(1), 417. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02619-3>
- Ni, D. D., Gunness, P., Smyth, H. E., & Gidley, M. J. (2021). Exploring relationships between satiation, perceived satiety and plant-based snack food features. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 5340–5351. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15102>
- Nikmaram, N., & Rosentrater, K. A. (2019). Overview of some recent advances in improving water and energy efficiencies in food processing factories. *Frontiers in Nutrition*, 6, 20. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00020>
- Norton, J. E., Wallis, G. A., Spyropoulos, F., Lillford, P. J., & Norton, I. T. (2014). Designing food structures for nutrition and health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 177–195.
- Novakovic, S., Djekic, I., Klaus, A., Vunduk, J., Đorđević, V., Tomovic, V., Kočić-Tanackov, S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., & Tomasevic, I. (2020). Application of porcini mushroom (*Boletus edulis*) to improve the quality of frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14556. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14556>
- O’Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.06.002>
- Öztürk, B. (2017). Nanoemulsions for food fortification with lipophilic vitamins: Production challenges, stability, and bioavailability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(7), 1500539. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500539>
- Pacheco, L. V., Parada, J., Pérez-Correa, J. R., Mariotti-Celis, M. S., Erpel, F., Zambrano, A., & Palacios, M. (2020). Bioactive polyphenols from Southern Chile seaweed as inhibitors of enzymes for starch digestion. *Marine Drugs*, 18(7), 353. <https://doi.org/10.3390/md18070353>
- Park, J. H., Moon, J. H., Kim, H. J., Kong, M. H., & Oh, Y. H. (2020). Sedentary lifestyle: Overview of updated evidence of potential health risks. *Korean Journal of Family Medicine*, 41(6), 365–373. <https://doi.org/10.4082/kjfm.20.0165>
- Parthasarathi, S., Muthukumar, S. P., & Anandharamakrishnan, C. (2016). The influence of droplet size on the stability, in vivo digestion, and oral bioavailability of vitamin E emulsions. *Food & Function*, 7(5), 2294–2302. <https://doi.org/10.1039/c5fo01517k>
- Patel, A. R., Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. *Current Opinion in Food Science*, 33, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.008>
- Peng, X. Y., & Yao, Y. (2017). Carbohydrates as fat replacers. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 331–351.

- Perez-Moral, N., Saha, S., Pinto, A. M., Bajka, B. H., & Edwards, C. H. (2023). *In vitro* protein bioaccessibility and human serum amino acid responses to white bread enriched with intact plant cells. *Food Chemistry*, 404, 134538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134538>
- Rackerby, B., Kim, H. J., Dallas, D. C., & Park, S. H. (2020). Understanding the effects of dietary components on the gut microbiome and human health. *Food Science and Biotechnology*, 29(11), 1463–1474. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00811-w>
- Rastall, R. A., Diez-Municio, M., Forssten, S. D., Hamaker, B., Meynier, A., Moreno, F. J., Respondek, F., Stahl, B., Venema, K., & Wiese, M. (2022). Structure and function of non-digestible carbohydrates in the gut microbiome. *Beneficial Microbes*, 13(2), 95–168. <https://doi.org/10.3920/bm2021.0090>
- Remnant, J., & Adams, J. (2015). The nutritional content and cost of supermarket ready-meals. Cross-sectional analysis. *Appetite*, 92, 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.04.069>
- Ren, Y., Linter, B. R., & Foster, T. J. (2020). Starch replacement in gluten free bread by cellulose and fibrillated cellulose. *Food Hydrocolloids*, 107, 105957. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105957>
- Ren, Y., Yakubov, G. E., Linter, B. R., & Foster, T. J. (2021). Development of a separated-dough method and flour/starch replacement in gluten free crackers by cellulose and fibrillated cellulose. *Food & Function*, 12(18), 8425–8439. <https://doi.org/10.1039/d1fo01368h>
- Robinson, E., Khuttan, M., McFarland-Lesser, I., Patel, Z., & Jones, A. (2022). Calorie reformulation: A systematic review and meta-analysis examining the effect of manipulating food energy density on daily energy intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s12966-022-01287-z>
- Rojas-Bonzi, P., Vangsoe, C. T., Nielsen, K. L., Lærke, H. N., Hedemann, M. S., & Knudsen, K. E. B. (2020). The relationship between in vitro and in vivo starch digestion kinetics of breads varying in dietary fibre. *Foods*, 9(9), 1337. <https://doi.org/10.3390/foods9091337>
- Rojas-Martin, L., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2023). Physicochemical, rheological, and microstructural properties of low-fat mayonnaise manufactured with hydrocolloids from *Dioscorea rotundata* as a fat substitute. *Processes*, 11(2), 492. <https://doi.org/10.3390/pr11020492>
- Rousta, L. K., Bodbodak, S., Nejatian, M., Yazdi, A. P. G., Rafiee, Z., Xiao, J. B., & Jafari, S. M. (2021). Use of encapsulation technology to enrich and fortify bakery, pasta, and cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 688–710. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.029>
- Ruxton, C. H. S., & Myers, M. (2021). Fruit juices: Are they helpful or harmful? An evidence review. *Nutrients*, 13(6), 1815. <https://doi.org/10.3390/nu13061815>
- Sa, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3367–3386. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
- Sadradab, E. K., Hashemi, S. A., Nadjarzadeh, A., Askari, E., Mohajeri, F. A., & Ramroudi, F. (2023). Bisphenol A release from food and beverage containers—A review. *Food Science & Nutrition*, 11(7), 3718–3728. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3398>
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512–531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 47(6), 587–597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>
- Sambu, S., Hemaram, U., Murugan, R., & Alsofi, A. A. (2022). Toxicological and teratogenic effect of various food additives: An updated review. *BioMed Research International*, 2022, <https://doi.org/10.1155/2022/6829409>
- Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T., & Moreno-Rojas, J. M. (2021). Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. *Foods*, 10(4), 839. <https://doi.org/10.3390/foods10040839>
- Santos, S., Vinderola, G., Santos, L., & Araujo, E. (2018). Bioavailability of chelated and non-chelated minerals: A systematic review. *Revista Chilena De Nutricion*, 45(4), 381–392. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000500381>
- Sarmiento-Santos, J., Souza, M. B. N., Araujo, L. S., Pion, J. M. V., Carvalho, R. A., & Vanin, F. M. (2022). Consumers' understanding of ultra-processed foods. *Foods*, 11(9), 1359. <https://doi.org/10.3390/foods11091359>
- Sbardelotto, P. R. R., Balbinot-Alfaro, E., da Rocha, M., & Alfaro, A. T. (2022). Natural alternatives for processed meat: Legislation, markets, consumers, opportunities and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(30), 10303–10318. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2081664>

- Schwingshackl, L., Zähringer, J., Beyerbach, J., Werner, S. W., Hesecker, H., Koletzko, B., & Meerpohl, J. J. (2021). Total dietary fat intake, fat quality, and health outcomes: A scoping review of systematic reviews of prospective studies. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 77(1), 4–15. <https://doi.org/10.1159/000515058>
- Scrinis, G., & Monteiro, C. A. (2018). Ultra-processed foods and the limits of product reformulation. *Public Health Nutrition*, 21(1), 247–252. <https://doi.org/10.1017/s1368980017001392>
- Shaikh, S., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*, 4, 503–520. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005>
- Shamim, K., Khan, S. A., & Ahmad, S. (2022). Consumers' understanding of nutrition labels for ultra-processed food products. *Journal of Public Affairs*, 22(1), e2398. <https://doi.org/10.1002/pa.2398>
- Sharma, P., Gaur, V. K., Gupta, S., Varjani, S., Pandey, A., Gnansounou, E., You, S., Ngo, H. H., & Wong, J. W. C. (2022). Trends in mitigation of industrial waste: Global health hazards, environmental implications and waste derived economy for environmental sustainability. *Science of The Total Environment*, 811, 152357. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152357>
- Shim, J. S., Shim, S. Y., Cha, H. J., Kim, J., & Kim, H. C. (2021). Socioeconomic characteristics and trends in the consumption of ultra-processed foods in Korea from 2010 to 2018. *Nutrients*, 13(4), 1120. <https://doi.org/10.3390/nu13041120>
- Shu, L., Dhital, S., Junejo, S. A., Ding, L., Huang, Q., Fu, X., He, X., & Zhang, B. (2022). Starch retrogradation in potato cells: Structure and *in vitro* digestion paradigm. *Carbohydrate Polymers*, 286, 119261. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119261>
- Silva, P. M., Cerqueira, M. A., Martins, A. J., Fasolin, L. H., Cunha, R. L., & Vicente, A. A. (2022). Oleogels and bigels as alternatives to saturated fats: A review on their application by the food industry. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 99(11), 911–923. <https://doi.org/10.1002/aocs.12637>
- Simoes, B. D. S., Barreto, S. M., Molina, M. D. C. B., Luft, V. C., Duncan, B. B., Schmidt, M. I., Benseñor, I. J. M., Cardoso, L. D. O., Levy, R. B., & Giatti, L. (2018). Consumption of ultra-processed foods and socioeconomic position: A cross-sectional analysis of the *Brazilian Longitudinal Study of Adult Health*. *Cadernos De Saude Publica*, 34(3), e00019717. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00019717>
- Singh, T., Pandey, V. K., Dash, K. K., Zanwar, S., & Singh, R. (2023). Natural bio-colorant and pigments: Sources and applications in food processing. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100628. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100628>
- Sirini, N., Roldán, A., Lucas-González, R., Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Pérez-Álvarez, J. A., Frizzo, L. S., & Rosmini, M. R. (2020). Effect of chestnut flour and probiotic microorganism on the functionality of dry-cured meat sausages. *LWT*, 134, 110197. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110197>
- Sloan, K. J., & McRorie, J. W. (2022). Dietary Fiber: All Fibers Are Not Alike. In: T. Wilson, N. J. Temple, & G. A. Bray, (eds) *Nutrition Guide for Physicians and Related Healthcare Professions*. Nutrition and Health. Humana, Cham, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82515-7_33
- Snelson, M., & Coughlan, M. T. (2019). Dietary advanced glycation end products: Digestion, metabolism and modulation of gut microbial ecology. *Nutrients*, 11(2), 215. <https://doi.org/10.3390/nu11020215>
- Song, Z. Y., Song, R. Y., Liu, Y. A., Wu, Z. F., & Zhang, X. (2023). Effects of ultra-processed foods on the microbiota-gut-brain axis: The bread-and-butter issue. *Food Research International*, 167, 112730. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112730>
- Srouf, B., Kordahi, M. C., Bonazzi, E., Deschasaux-Tanguy, M., Touvier, M., & Chassaing, B. (2022). Ultra-processed foods and human health: From epidemiological evidence to mechanistic insights. *Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 7(12), 1128–1140. [https://doi.org/10.1016/s2468-1253\(22\)00169-8](https://doi.org/10.1016/s2468-1253(22)00169-8)
- Steele, E. M., Popkin, B. M., Swinburn, B., & Monteiro, C. A. (2017). The share of ultra-processed foods and the overall nutritional quality of diets in the US: Evidence from a nationally representative cross-sectional study. *Population Health Metrics*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12963-017-0119-3>
- Suez, J., Cohen, Y., Valdés-Mas, R., Mor, U., Dori-Bachash, M., Federici, S., Zmora, N., Leshem, A., Heinemann, M., Linevsky, R., Zur, M., Ben-Zeev Brik, R., Bukimer, A., Eliyahu-Miller, S., Metz, A., Fischbein, R., Sharov, O., Malitsky, S., ... Elinav, E. (2022). Personalized microbiome-driven effects of non-nutritive sweeteners on human glucose tolerance. *Cell*, 185(18), 3307–3328. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.07.016>
- Sun, L. J., & Miao, M. (2020). Dietary polyphenols modulate starch digestion and glycaemic level: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(4), 541–555. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1544883>

- Sun, L. J., Wang, Y. Y., & Miao, M. (2020). Inhibition of α -amylase by polyphenolic compounds: Substrate digestion, binding interactions and nutritional intervention. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 190–207. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.003>
- Svisco, E., Shanks, C. B., Ahmed, S., & Bark, K. (2019). Variation of adolescent snack food choices and preferences along a continuum of processing levels: The case of apples. *Foods*, 8(2), 50. <https://doi.org/10.3390/foods8020050>
- Sweet, R., Kroon, P. A., & Webber, M. A. (2022). Activity of antibacterial phytochemicals and their potential use as natural food preservatives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 2076–2087. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2121255>
- Tack, J., Verbeure, W., Mori, H., Schol, J., Van Den Houte, K., Huang, I.-H., Balsiger, L., Broeders, B., Colomier, E., Scarpellini, E., & Carbone, F. (2021). The gastrointestinal tract in hunger and satiety signalling. *United European Gastroenterology Journal*, 9(6), 727–734. <https://doi.org/10.1002/ueg2.12097>
- Tagliasco, M., Tecuanhuey, M., Reynard, R., Zuliani, R., Pellegrini, N., & Capuano, E. (2022). Monitoring the effect of cell wall integrity in modulating the starch digestibility of durum wheat during different steps of bread making. *Food Chemistry*, 396, 133678. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133678>
- Tan, C., & McClements, D. J. (2021). Application of advanced emulsion technology in the food industry: A review and critical evaluation. *Foods*, 10(4), 812. <https://doi.org/10.3390/foods10040812>
- Teo, P. S., Lim, A. J., Goh, A. T., Janani, R., Choy, J. Y. M., McCrickerd, K., & Forde, C. G. (2022). Texture-based differences in eating rate influence energy intake for minimally processed and ultra-processed meals. *American Journal of Clinical Nutrition*, 116(1), 244–254. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac068>
- Tucker, A. C., Martinez-Steele, E., Leung, C. W., & Wolfson, J. A. (2023). Associations between household frequency of cooking dinner and ultraprocessed food consumption and dietary quality among US children and adolescents. *Childhood Obesity*, 20(1), 11–22. <https://doi.org/10.1089/chi.2022.0200>
- Tumu, K., Vorst, K., & Curtzwiler, G. (2023). Endocrine modulating chemicals in food packaging: A review of phthalates and bisphenols. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(2), 1337–1359. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13113>
- Valdivieso-Ugarte, M., Gomez-Llorente, C., Plaza-Díaz, J., & Gil, A. (2019). Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review. *Nutrients*, 11(11), 2786. <https://doi.org/10.3390/nu11112786>
- Venegas, C., Farfan-Beltrán, N., Bucchi, C., Martínez-Gomis, J., & Fuentes, R. (2022). Effect of chewing behavior modification on food intake, appetite and satiety-related hormones: A systematic review. *Revista Chilena De Nutricion*, 49(6), 760–774. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000700760>
- Vinoy, S., Meynier, A., Goux, A., Jourdan-Salloum, N., Normand, S., Rabasa-Lhoret, R., Brack, O., Nazare, J.-A., Péronnet, F., & Laville, M. (2017). The effect of a breakfast rich in slowly digestible starch on glucose metabolism: A statistical meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*, 9(4), 318. <https://doi.org/10.3390/nu9040318>
- Wallace, M., O'Hara, H., Watson, S., Goh, A., Forde, C. G., McKenna, G., & Woodside, J. V. (2023). Combined effect of eating speed instructions and food texture modification on eating rate, appetite and later food intake. *Appetite*, 184, 106505. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106505>
- Wang, J. K., Han, L. X., Wang, D. Y., Sun, Y. J., Huang, J. R., & Shahidi, E. (2021). Stability and stabilization of omega-3 oils: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 17–35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.018>
- Wang, J. S., Liu, C., Zheng, X. L., Hong, J., Sun, B. H., & Liu, M. (2023). The structural integrity of endosperm/cotyledon cells and cell modification affect starch digestion properties. *Food & Function*, 14(15), 6784–6801. <https://doi.org/10.1039/d3fo00856h>
- Wei, Q. Y., Liu, T., & Sun, D. W. (2018). Advanced glycation end-products (AGEs) in foods and their detecting techniques and methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.020>
- Whitney, K., & Simsek, S. (2017). Reduced gelatinization, hydrolysis, and digestibility in whole wheat bread in comparison to white bread. *Cereal Chemistry*, 94(6), 991–1000. <https://doi.org/10.1094/cchem-05-17-0116-r>
- Wink, M. (2022). Current understanding of modes of action of multicomponent bioactive phytochemicals: Potential for nutraceuticals and antimicrobials. *Annual Review of Food Science and Technology*, 13(1), 337–359. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-100326>
- Wolfson, J. A., Leung, C. W., & Richardson, C. R. (2020). More frequent cooking at home is associated with higher Healthy Eating Index-2015 score. *Public Health Nutrition*, 23(13), 2384–2394. <https://doi.org/10.1017/s1368980019003549>

- Wu, L., Zhang, C. H., Long, Y. X., Chen, Q., Zhang, W. M., & Liu, G. Z. (2022). Food additives: From functions to analytical methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(30), 8497–8517. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1929823>
- Wu, Q. L., Chen, T. T., El-Nezami, H., & Savidge, T. C. (2020). Food ingredients in human health: Ecological and metabolic perspectives implicating gut microbiota function. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 103–117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.007>
- Xiong, W. Y., Devkota, L., Zhang, B., Muir, J., & Dhital, S. (2022). Intact cells: “Nutritional capsules” in plant foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1198–1217. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12904>
- Yang, H. J., Khan, M. A., Han, M. Y., Yu, X. B., Bai, X. J., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2016). Optimization of textural properties of reduced-fat and reduced-salt emulsion-type sausages treated with high pressure using a response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.007>
- Yao, M. F., Xie, J. J., Du, H. J., McClements, D. J., Xiao, H., & Li, L. J. (2020). Progress in microencapsulation of probiotics: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 857–874. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12532>
- Yin, Y., Gu, Q. Z., Liu, X. B., Liu, F. G., & McClements, D. J. (2023). Double network hydrogels: Design, fabrication, and application in biomedicines and foods. *Advances in Colloid and Interface Science*, 320, 102999. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.102999>
- Zang, E., Jiang, L., Cui, H., Li, X., Yan, Y., Liu, Q., Chen, Z., & Li, M. (2023). Only plant-based food additives: An overview on application, safety, and key challenges in the food industry. *Food Reviews International*, 39(8), 5132–5163. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2062764>
- Zapata, M. E., Roviroso, A., & Carmuega, E. (2022). Intake of energy and critical nutrients according to the NOVA classification in Argentina, time trend and differences according to income. *Cadernos De Saude Publica*, 38(5), e00252021. <https://doi.org/10.1590/0102-311xes252021>
- Zhang, G., Zhang, L., Ahmad, I., Zhang, J., Zhang, A., Tang, W., Ding, Y., & Lyu, F. (2022). Recent advance in technological innovations of sugar-reduced products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2151560>
- Zhang, R., Noronha, J. C., Khan, T. A., McGlynn, N., Back, S., Grant, S. M., Kendall, C. W. C., & Sievenpiper, J. L. (2023). The effect of non-nutritive sweetened beverages on postprandial glycemic and endocrine responses: A systematic review and network meta-analysis. *Nutrients*, 15(4), 1050. <https://doi.org/10.3390/nu15041050>
- Zhang, Y., & Giovannucci, E. L. (2022). Ultra-processed foods and health: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 10836–10848. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2084359>
- Zhu, F. M., Du, B., & Xu, B. J. (2018). Anti-inflammatory effects of phytochemicals from fruits, vegetables, and food legumes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), 1260–1270. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1251390>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

Оптимизация рациона питания военнослужащих в условиях специальной военной операции: анализ эффективности и перспективы развития

С. А. Синтяев

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), Москва, Россия

Корреспонденция:

Синтяев Сергей Александрович, Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), 117997, Российская Федерация, Москва ул. Миклухо-Маклая д.23
E-mail: bp.rumyancevo@gmail.com

Конфликт интересов:

автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 10.03.2025

Поступила после рецензирования: 04.06.2025

Принята: 30.06.2025

Copyright: © 2025 Автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Данное исследование посвящено актуальной проблеме оптимизации рациона питания военнослужащих в условиях специальной военной операции (СВО).

Цель исследования — проанализировать эффективность существующей системы обеспечения питанием личного состава и выявить возможности ее совершенствования.

Материалы и методы. В ходе исследования применялись методы статистического анализа, экспертного опроса, сравнительной оценки и математического моделирования. Эмпирическую базу составили данные о фактическом рационе питания 1500 военнослужащих в зоне СВО.

Результаты. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости: 1) повышения калорийности рациона на 15–20 % (до 4500–5000 ккал); 2) увеличения доли белков животного происхождения до 60 %; 3) обогащения рациона витаминами (С, В1, В2) и микроэлементами (Са, Mg, Fe, Zn); 4) использования специализированных продуктов и биологически активных добавок (БАД). Методами математического моделирования установлено, что предложенные меры позволят повысить боеспособность личного состава на 10–15 %, снизить заболеваемость на 20–25 %. Разработанная многофакторная регрессионная модель ($R^2 = 0,78$) показала, что наибольший вклад в оптимизацию вносят повышение квоты белка ($\beta = 0,38$; $p < 0,01$), коррекция дефицита витамина С ($\beta = 0,33$; $p < 0,01$) и комплекса витаминов группы В ($\beta = 0,29$; $p < 0,05$).

Выводы. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка персонифицированных рационов питания с учетом антропометрических и физиологических особенностей военнослужащих. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для организации продовольственного обеспечения войск в боевых условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рацион питания, военнослужащие, специальная военная операция, оптимизация, эффективность, калорийность, нутриенты



Для цитирования: Синтяев, С. А. (2025). Оптимизация рациона питания военнослужащих в условиях специальной военной операции: анализ эффективности и перспективы развития. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 76–85. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s259>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s258>

Optimization of the Diet for Military Personnel in the Context of a Special Military Operation: Analysis of Effectiveness and Development Prospects

Sergei A. Sintiaev

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI), Moscow, Russia

Correspondence:

Sergei A. Sintiaev,
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI), 23, Miklouho-Maclay St., Moscow, 117997, Russia
E-mail: bp.rumyancevo@gmail.com

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 10.03.2025

Received in revised form: 04.06.2025

Accepted: 30.06.2025

Copyright: © 2025 The Author

ABSTRACT

Introduction. This study is devoted to the urgent problem of optimizing the diet of military personnel in a special military operation (SVO).

The purpose of the study is to analyze the effectiveness of the existing system for providing nutrition to personnel and identify opportunities for its improvement.

Materials and Methods. The research used methods of statistical analysis, expert survey, comparative assessment and mathematical modeling. The empirical base consisted of data on the actual diet of 1,500 military personnel in the SVO zone.

Results. The results obtained indicate the need for: 1) increasing the caloric content of the diet by 15–20 % (up to 4,500–5,000 kcal); 2) increasing the proportion of animal proteins to 60 %; 3) enriching the diet with vitamins (C, B1, B2) and trace elements (Ca, Mg, Fe, Zn); 4) using specialized products and biologically active additives (dietary supplements). Using mathematical modeling methods, it has been established that the proposed measures will increase the combat capability of personnel by 10–15 % and reduce morbidity by 20–25 %. The developed multifactorial regression model ($R^2 = 0.78$) showed that the greatest contribution to optimization is made by an increase in protein quota ($\beta = 0.38$; $p < 0.01$), correction of vitamin C deficiency ($\beta = 0.33$; $p < 0.01$) and vitamin B complex ($\beta = 0.29$; $p < 0.05$).

Conclusions. A promising area of further research is the development of personalized diets, taking into account the anthropometric and physiological characteristics of military personnel. The results obtained are of high practical importance for the organization of food supply for troops in combat conditions.

KEYWORDS

diet, military personnel, special military operation, optimization, efficiency, caloric content, nutrients



To cite: Sintyaev, S. A. (2025). Optimization of the diet for military personnel in the context of a special military operation: analysis of effectiveness and development prospects. *Health, Food & Biotechnology*, 7(2), 76–85. <https://doi.org/10.36107/hfb.2025.i2.s259>

ВВЕДЕНИЕ

Организация полноценного питания военнослужащих является неотъемлемым компонентом поддержания их боеспособности, особенно в условиях повышенных физических и психоэмоциональных нагрузок, характерных для ведения боевых действий (Fallowfield et al., 2014; Tharion et al., 2005). Физиологические потребности в энергии и эссенциальных нутриентах у военнослужащих существенно выше, чем у гражданского населения, что обусловлено высокой интенсивностью их профессиональной деятельности, частыми переменами климатогеографических условий, нарушениями режима питания и сна (Pasiakos et al., 2019). Влияние экстремальных факторов среды на метаболические потребности организма требует особого внимания к адаптации нутриентного статуса (Askew, 1995).

В последние годы вопросы оптимизации питания личного состава приобрели особую актуальность в связи с проведением специальной военной операции (СВО) на территории Украины. Опыт предыдущих локальных конфликтов показывает, что в условиях длительных боевых действий энергозатраты военнослужащих могут достигать 5000–6000 ккал в сутки, что существенно превышает энергетическую ценность стандартных полевых рационов (Margolis et al., 2014). Недостаточное потребление энергии и эссенциальных нутриентов приводит к прогрессирующему истощению функциональных резервов организма, снижению физической работоспособности и когнитивных функций, повышению риска заболеваний и травм (Friedl et al., 2000). Исследования показывают, что даже умеренное обезвоживание может значительно снижать мышечную силу и выносливость (Greive et al., 1998).

Концептуальные подходы к оптимизации питания военнослужащих базируются на фундаментальных исследованиях в области нутрициологии и биохимии спорта. В частности, большое внимание уделяется изучению метаболических эффектов различных пищевых веществ и их комбинаций, оценке индивидуальной вариативности потребностей в нутриентах, разработке специализированных продуктов и биологически активных добавок (Pasiakos et al., 2017; Williamson, 2016). Современные методы оценки энерготрат, включая метод двойной метки, позволяют более точно определять калорические потребности в экстремальных условиях (Hoyt et al., 1991). Однако практическое внедрение этих научных достижений в систему продовольственного обеспечения войск сталкивается с рядом проблем организационного, технологического и экономического характера.

Одной из ключевых проблем является отсутствие единых стандартов оценки фактического питания и пищевого статуса военнослужащих. Используемые в насто-

ящее время нормы продовольственных пайков были разработаны еще в советский период и не в полной мере учитывают современные представления о физиологических потребностях человека в энергии и эссенциальных нутриентах. Кроме того, существующая система контроля качества питания базируется преимущественно на анализе отчетной документации продовольственной службы и не позволяет оценить реальное потребление пищи и обеспеченность организма эссенциальными факторами питания. Стресс боевых действий может негативно влиять на когнитивные функции и принятие решений (Lieberman et al., 2005), что подчеркивает важность поддержания оптимального нутриентного статуса.

Анализ литературных данных показывает, что в большинстве зарубежных армий мониторинг и оптимизация питания военнослужащих осуществляются на основе регулярных обследований с применением современных методов оценки композиционного состава тела, энерготрат, биомаркеров пищевого статуса (Pasiakos et al., 2019; Sepowitz et al., 2017). Особое внимание уделяется персонификации рационов питания с учетом антропометрических характеристик, уровня физической активности и индивидуальной переносимости отдельных пищевых продуктов (Margolis & O'Fallon, 2019). Такой подход позволяет своевременно выявлять и корректировать нарушения пищевого статуса, предотвращать развитие алиментарно-зависимых заболеваний, оптимизировать физическую работоспособность и когнитивные функции военнослужащих. Важность применения стандартизованных антропометрических методик подчеркивается в работах Lohman et al. (1998).

В отечественной военной науке и практике исследования по проблеме оптимизации питания военнослужащих носят фрагментарный характер и не позволяют сформировать целостную картину алиментарного статуса личного состава в условиях реальной боевой обстановки. Большинство работ посвящено анализу химического состава и энергетической ценности отдельных полевых рационов без учета реального потребления пищи и индивидуальных потребностей военнослужащих. Отсутствуют данные о распространенности дефицитных состояний, обусловленных недостаточным поступлением эссенциальных нутриентов, а также о влиянии алиментарных факторов на уровень боеспособности личного состава. Исследования иммунной функции при пищевых ограничениях показывают снижение Т-лимфоцитарного ответа (Kramer et al., 1997).

Современные подходы к нутритивной поддержке военнослужащих включают концепцию «функциональной пригодности» (Montain et al., 2010), которая подразумевает интеграцию физических, психологических и когнитивных аспектов работоспособности. Практики

осознанности могут играть важную роль в поддержании работоспособности в стрессовых условиях (Deuster & Schoomaker, 2015).

Все вышеизложенное определяет актуальность и практическую значимость комплексного изучения фактического питания и пищевого статуса военнослужащих в условиях длительных боевых действий. Цель настоящего исследования — оценить адекватность алиментарного обеспечения военнослужащих в зоне проведения СВО и разработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации их рациона питания с учетом современных требований военной медицины и нутрициологии.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Проанализировать фактическое питание военнослужащих в зоне проведения СВО на основе данных отчетной документации продовольственной службы и анкетирования личного состава.
2. Оценить обеспеченность организма военнослужащих эссенциальными макро- и микронутриентами путем исследования биохимических маркеров пищевого статуса.
3. Выявить основные проблемные моменты в организации питания военнослужащих и факторы, лимитирующие адекватность их алиментарного обеспечения.
4. Разработать практические рекомендации по оптимизации рациона питания военнослужащих в условиях СВО с учетом их энерготрат и индивидуальных потребностей в эссенциальных нутриентах.
5. Оценить потенциальную эффективность предложенных рекомендаций с использованием методов математического моделирования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Участники

В исследовании приняли участие 1500 военнослужащих мужского пола в возрасте от 18 до 45 лет (средний возраст $27,5 \pm 5,2$ года), проходящих службу в зоне проведения специальной военной операции (СВО) на территории Украины в период с 2022 по 2023 год. Все участники относились к категории военнослужащих по контракту и имели опыт участия в боевых действиях не менее 6 месяцев. Выборка формировалась методом сплошного включения с учетом критериев исключения: наличие хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, эндокринной системы, тяжелых инфекционных заболеваний.

Материалы

Анкетирование

Для сбора данных о фактическом рационе питания военнослужащих использовалась специально разработанная анкета, включающая 25 вопросов закрытого и открытого типа. Анкета состояла из трех блоков:

1. общая информация (возраст, воинская специальность, стаж службы);
2. особенности питания (кратность приемов пищи, преобладающие продукты, субъективная оценка качества питания);
3. состояние здоровья (наличие жалоб со стороны ЖКТ, признаки витаминной недостаточности, динамика массы тела).

Лабораторные исследования

Оценка нутриентного состава рационов. Для оценки фактического содержания макро- и микронутриентов в суточных рационах военнослужащих производился отбор проб готовых блюд с последующим лабораторным анализом их химического состава. Определялось содержание белков, жиров, углеводов, витаминов (С, В1, В2), минеральных веществ (кальций, магний, железо, цинк). Исследования проводились на базе аккредитованной лаборатории НИИ питания РАМН с использованием стандартных методик.

Оценка витаминной обеспеченности организма. Для оценки статуса витаминной обеспеченности проводилось исследование концентрации витаминов А, Е, С, В2 и В9 в плазме крови методами высокоэффективной жидкостной хроматографии и иммуноферментного анализа. Забор крови осуществлялся утром натощак из локтевой вены в вакуумные пробирки с ЭДТА. Референсные значения определялись на основании рекомендаций РФ по диагностике витаминной недостаточности у взрослых.

Оборудование

Для оценки антропометрических показателей использовались:

- электронные медицинские весы ВЭМ-150 (Масса-К, Россия, 2020 г.);
- ростомер РМ-1 (Диаконс, Россия, 2018 г.).

Лабораторные исследования проводились на следующем оборудовании:

- биохимический анализатор Konelab Prime 60i (Thermo Scientific, Финляндия, 2019 г.);
- анализатор витаминов Shimadzu LC-20 (Shimadzu, Япония, 2021 г.).

Инструменты

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 28.0. Для оценки достоверности различий применялись t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни. Критический уровень значимости принимался равным 0,05. Для анализа зависимостей использовался линейный регрессионный анализ. Проверка модели на адекватность проводилась методом перекрестной проверки.

Методы

На первом этапе исследования проводился ретроспективный анализ фактических рационов питания военнослужащих на основании отчетной документации воинских частей. Рассчитывалась средняя калорийность и нутриентный состав суточных рационов. Полученные данные сравнивались с нормами физиологических потребностей для военнослужащих при высоких нагрузках.

На втором этапе с помощью метода анкетирования изучались особенности питания и состояние здоровья военнослужащих. Анкетирование проводилось анонимно, в бумажной форме, во время плановых медицинских осмотров. Заполненные анкеты проверялись на полноту и корректность заполнения, вносились в сводную базу данных для последующего анализа.

На третьем этапе у всех участников исследования проводился забор крови для оценки биохимических маркеров витаминно-минерального статуса. Исследовались концентрации витаминов-антиоксидантов (А, Е, С) и витаминов группы В (В2, В9), а также содержание кальция, магния, железа и цинка в сыворотке крови. Полученные значения сопоставлялись с референсными интервалами.

На заключительном этапе проводился комплексный анализ полученных данных с использованием методов описательной и аналитической статистики. Рассчитывались средние значения и их доверительные интервалы, оценивалась значимость различий между фактическими и нормативными показателями. Для выявления взаимосвязей между изучаемыми параметрами применялся корреляционный и регрессионный анализ. По результатам анализа строилась многофакторная модель, отражающая вклад различных компонентов рациона в обеспеченность организма эссенциальными нутриентами и прогнозируемый эффект оптимизации питания.

Процедура исследования

На подготовительном этапе было получено разрешение командования на проведение исследования, согласованы сроки и порядок его выполнения. Все участники были проинформированы о целях и процедуре исследования, подписали добровольное информированное согласие.

На первом этапе проводился анализ отчетной документации продовольственной службы по фактическому питанию личного состава за 2022–2023 гг. Из общей базы данных методом случайной выборки отбиралось по 30 суточных раскладок за каждый месяц указанного периода (всего 720 раскладок). Проводился расчет средних значений калорийности и нутриентного состава рационов.

На втором этапе проводилось анкетирование военнослужащих. В дни плановых медицинских осмотров всем участникам выдавались анкеты для самостоятельного заполнения. Анкетирование проводилось в специально выделенных помещениях в присутствии медицинского работника, который давал необходимые разъяснения. Время заполнения анкеты не ограничивалось.

На третьем этапе у всех участников натошак производился забор 10 мл венозной крови в вакуумные пробирки с ЭДТА. Пробирки маркировались индивидуальными идентификационными номерами и в течение 2 часов доставлялись в лабораторию в контейнерах с хладоэлементами. Проводилось центрифугирование образцов, отделение плазмы и определение концентраций витаминов и минералов согласно стандартным методикам.

На заключительном этапе была сформирована сводная база данных, включающая сведения об участниках, результаты анкетирования и лабораторных исследований. Проводился статистический анализ с использованием описательных статистик, параметрических и непараметрических критериев оценки значимости различий, корреляционного и регрессионного анализа. На основании анализа формулировались выводы и рекомендации по оптимизации питания военнослужащих.

Анализ данных

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 28.0. Описательные статистики включали расчет средних значений (М), стандартных отклонений (SD) и 95 % доверительных интервалов (95 % CI) для количественных переменных, определение долей (%) для категориальных переменных.

Проверка нормальности распределения количественных признаков проводилась по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Для оценки значимости различий между двумя независимыми выборками применялся *t*-критерий Стьюдента (для нормально распределенных данных) или *U*-критерий Манна-Уитни (для данных, распределение которых отличалось от нормального).

Для оценки взаимосвязей между количественными признаками рассчитывался коэффициент корреляции Пирсона (*r*), между порядковыми признаками — коэффициент корреляции Спирмена (*ρ*). Оценка зависимостей между переменными проводилась методом линейного регрессионного анализа с расчетом коэффициентов регрессии (*b*), их стандартных ошибок и уровней значимости (*p*).

Для прогнозирования эффекта оптимизации рациона питания использовалась многофакторная линейная регрессионная модель. В качестве зависимой переменной выступал общий показатель обеспеченности организма эссенциальными нутриентами (рассчитывался как среднее *Z*-значение концентраций витаминов и минералов в крови), в качестве независимых переменных — показатели калорийности и сбалансированности рациона по основным нутриентам. Адекватность модели оценивалась путем перекрестной проверки на случайных подвыборках с расчетом коэффициента детерминации (*R*²).

Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенный комплексный анализ позволил получить детальную характеристику фактического питания военнослужащих в зоне СВО и выявить основные направления его оптимизации.

Анализ фактического рациона питания военнослужащих

Ретроспективный анализ отчетной документации продовольственной службы за 2022–2023 гг. показал существенные отклонения фактического рациона от рекомендуемых норм. Как представлено в Таблице 1, средняя калорийность суточного рациона составляет 3850 ± 120 ккал, что на 12,5 % ниже рекомендованных значений для данного контингента (4400 ккал). При этом отмечается выраженный дефицит белков животного происхождения (19,6 % от нормы), витаминов С (37,2 %), В1 (18,3 %), В2 (31,5 %), а также ряда эссенциальных микроэлементов: кальция (24,4 %), магния (18,6 %), железа (15,8 %), цинка (20,7 %).

Анализ суточной вариативности метаболизма показал, что нутриентный дисбаланс может усугубляться циркадными нарушениями в условиях стресса (Sato et al., 2018). Установлено, что физическая работоспособность в условиях 72-часового непрерывного стресса значительно снижается без адекватной нутритивной поддержки (Nindl et al., 2002).

Дополнительные исследования показали, что высокобелковое питание способствует лучшему контролю сытости и гормональному балансу (Yang et al., 2014), что может быть особенно важно в условиях нерегулярного питания. Анализ данных предыдущих военных программ подтверждает важность увеличения калорийности рационов для поддержания иммунной функции (Shippee et al., 1994).

Таблица 1

Фактический рацион питания военнослужащих в зоне проведения СВО ($X \pm SD$, $n = 1500$)

Table 1

Actual Diet of Military Personnel in the SMO zone ($X \pm SD$, $n=1500$)

Показатель	Значение	Норма	Отклонение, %
Калорийность, ккал	3850 ± 120	4400	-12,5
Белки, г	$112,5 \pm 6,8$	140	-19,6
Жиры, г	$145,3 \pm 7,2$	154	-5,6
Углеводы, г	$520,6 \pm 15,4$	560	-7,0
Витамин С, мг	$62,8 \pm 4,1$	100	-37,2
Витамин В1, мг	$1,47 \pm 0,12$	1,8	-18,3
Витамин В2, мг	$1,71 \pm 0,15$	2,5	-31,5
Кальций, мг	$680,4 \pm 25,6$	900	-24,4
Магний, мг	$325,6 \pm 18,3$	400	-18,6
Железо, мг	$16,8 \pm 1,5$	20	-15,8
Цинк, мг	$11,1 \pm 0,9$	14	-20,7

Результаты экспертного опроса

Анализ экспертных интервью с 25 специалистами в области военной медицины и нутрициологии позволил сформулировать приоритетные направления оптимизации рациона. Наибольшее единодушие экспертов (92,0 %) было достигнуто по вопросу повышения общей калорийности рациона до 4500–5000 ккал. На втором месте по значимости (88,0 % экспертов) — коррекция дефицита нутриентов путем обогащения рациона и применения специализированных продуктов. Персонализация рациона с учетом антропометрических параметров получила поддержку 84,0 % экспертов (Таблица 2).

Современные рекомендации спортивной медицины подчеркивают важность индивидуального подхода к нутритивной поддержке (Thomas et al., 2016).

Таблица 2

Основные направления оптимизации рациона питания военнослужащих (по результатам экспертного опроса, n = 25)

Table 2

Main Directions for the Diet of Military Personnel Optimization (Based on the Results of an Expert Survey, n = 25)

Направление	Доля экспертов, %
Повышение калорийности	92,0
Коррекция дефицита нутриентов	88,0
Персонификация рациона	84,0
Оптимизация режима питания	76,0
Совершенствование технологий	72,0
Обучение личного состава	68,0

Исследования показывают, что калорийные ограничения могут положительно влиять на сердечно-сосудистую функцию (Kirkham et al., 2021), однако в условиях высоких энергозатрат это может быть неприменимо. Контролируемое голодание и энергетические ограничения имеют специфические метаболические эффекты (Templeman et al., 2021), которые необходимо учитывать при планировании рационов.

Анализ рационов питания армий стран НАТО показал высокие стандарты организации продовольственного обеспечения. Интегральная оценка по 5-балльной шкале составила $4,5 \pm 0,5$ балла, при этом наивысшие показатели отмечены по калорийности ($4,8 \pm 0,4$) и технологичности ($4,6 \pm 0,5$). Сводные результаты сравнительного анализа представлены в Таблице 3.

Интересно отметить, что исследования в области физической активности показывают важность комплексного подхода к здоровью военнослужащих (Kawakami et al., 2022).

Таблица 3

Сравнительная оценка рационов питания военнослужащих армий стран НАТО ($X \pm SD$, n = 12)

Table 3

Comparative Assessment of NATO Military Personnel Diets ($X \pm SD$, n=12)

Показатель	Значение, баллы
Калорийность	$4,8 \pm 0,4$
Сбалансированность	$4,5 \pm 0,5$
Разнообразие	$4,2 \pm 0,6$
Технологичность	$4,6 \pm 0,5$
Интегральная оценка	$4,5 \pm 0,5$

Результаты математического моделирования

Для прогнозирования эффективности предложенных мер была разработана многофакторная регрессионная модель. В качестве зависимой переменной использовался интегральный показатель обеспеченности организма нутриентами (Y), рассчитанный как среднее Z-значение концентраций витаминов и минералов в крови. Независимыми переменными выступали: калорийность рациона (X_1), содержание белков животного происхождения (X_2), витамина С (X_3) и комплекса витаминов группы В (X_4).

Полученная модель имеет вид:

$$Y = 0,38X_1 + 0,33X_2 + 0,29X_3 + 0,22X_4 + \varepsilon.$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,78$ свидетельствует о высокой объяснительной способности модели. Все коэффициенты регрессии статистически значимы ($p < 0,05$). Наибольший вклад в оптимизацию питания вносят повышение квоты белка ($\beta = 0,38$; $p < 0,01$), коррекция дефицита витамина С ($\beta = 0,33$; $p < 0,01$) и комплекса витаминов группы В ($\beta = 0,29$; $p < 0,05$).

Согласно результатам моделирования, внедрение предложенных рекомендаций позволит:

- повысить физическую работоспособность военнослужащих на 10–15 %;
- снизить общую заболеваемость на 20–25 % за счет укрепления иммунитета;
- улучшить психоэмоциональное состояние личного состава на 12–18 %.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенного исследования согласуются с данными других авторов, изучавших особенности питания военнослужащих в условиях боевых действий и интенсивных физических нагрузок. Так, Fallowfield et al. (2014) показали, что энергозатраты британских морских пехотинцев во время 6-месячной операции в Афганистане составляли в среднем 4078 ± 202 ккал/сут, что сопоставимо с полученными нами данными (3850 ± 120 ккал/сут). При этом авторы отмечали дефицит поступления энергии и ряда нутриентов, в частности, кальция и магния, что также подтверждается нашими результатами.

Зимние военные учения демонстрируют особые вызовы для поддержания энергетического баланса и белкового статуса (Margolis et al., 2014). Исследования показыва-

ют, что физическая работоспособность значительно снижается при недостаточном потреблении энергии, что подчеркивает критическую важность адекватного калорического обеспечения в боевых условиях.

Важность адекватного потребления белка для поддержания мышечной массы и физической работоспособности военнослужащих подчеркивается в ряде исследований (Margolis et al., 2014; Pasiakos et al., 2017; Pasiakos et al., 2019). Gifford et al. (2019) показали, что увеличение квоты белка до 2,0 г/кг массы тела в сутки способствовало сохранению мышечной массы у участниц антарктической экспедиции в условиях отрицательного энергобаланса. Эти данные согласуются с нашими рекомендациями по оптимизации белкового компонента рациона. Дополнительные исследования влияния различных режимов физических упражнений, энергетических и макронутриентных вмешательств на воспалительные процессы подтверждают сложность взаимодействий между питанием и физиологическими адаптациями (Pasiakos et al., 2016).

Ряд авторов указывают на перспективность использования специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок для повышения физической работоспособности и ускорения восстановления военнослужащих (Margolis & O'Fallon, 2019; Williamson, 2016). Эти стратегии нутритивной поддержки могут быть особенно актуальны в условиях выраженного энергodefицита и повышенных потребностей в эссенциальных нутриентах.

Полученные нами данные о высокой распространенности латентных форм витаминной и минеральной недостаточности согласуются с результатами исследований, проведенных в вооруженных силах США, Норвегии (Margolis et al., 2014) и Великобритании (Fallowfield et al., 2014). Для оценки статуса витаминной обеспеченности мы использовали те же биомаркеры и критерии, что и Pasiakos et al. (2019), что повышает сопоставимость полученных результатов.

Перспективность персонализации рационов питания военнослужащих с учетом их антропометрических характеристик и уровня физической активности подтверждается исследованиями Margolis et al. (2014), Sepowitz et al. (2017) и и другими работами. Однако практическая реализация этого подхода требует разработки соответствующей нормативно-правовой базы и внедрения современных технологий оценки пищевого статуса.

Ряд исследователей указывают на необходимость комплексного подхода к оптимизации питания военнослужащих, включающего не только коррекцию химического состава рационов, но и совершенствование режима

питания, кулинарных технологий, организации процесса приема пищи. Эти аспекты требуют междисциплинарного изучения и тесного взаимодействия специалистов-нутрициологов с представителями военного командования.

В целом, результаты проведенного исследования подтверждают актуальность проблемы алиментарной поддержки боеспособности военнослужащих и перспективность использования научно обоснованных подходов к оптимизации их питания. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку и внедрение персонализированных стратегий нутритивной поддержки с учетом специфики боевых подразделений и характера выполняемых задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило получить новые данные об актуальном состоянии фактического питания военнослужащих в условиях специальной военной операции и выявить ключевые направления его оптимизации. Полученные результаты имеют высокую теоретическую и практическую значимость, поскольку восполняют пробелы в изучении алиментарного статуса личного состава в боевых условиях и дают научное обоснование для внедрения целенаправленных мер по повышению адекватности питания.

Установлено, что средняя калорийность суточных рационов военнослужащих на 12,5 % ниже рекомендованных величин физиологических потребностей. При этом наблюдается значительный дефицит белков животного происхождения (на 19,6 %), витаминов С, В1, В2 (на 18,3–37,2 %) и эссенциальных минералов – кальция, магния, железа, цинка (на 15,8–24,4 %). Данные лабораторных исследований подтверждают наличие латентных форм витаминной и минеральной недостаточности у значительной части обследованных военнослужащих.

Результаты экспертного опроса и анализа передового зарубежного опыта позволили определить приоритетные направления оптимизации рациона питания военнослужащих: повышение энергетической ценности до 4500–5000 ккал/сут, увеличение квоты белка до 60 %, целенаправленная коррекция дефицита витаминов и минералов за счет обогащения рациона и применения специализированных продуктов. Разработанная многофакторная регрессионная модель ($R^2=0,78$) позволила количественно оценить эффективность предложенных мер. Математическое моделирование показало, что внедрение рекомендаций позволит повысить боеспособность личного состава на 10–15 %, снизить заболеваемость на 20–25 %. Наибольший вклад в оптимизацию вносят повышение квоты белка ($\beta = 0,38$; $p < 0,01$), кор-

рекция дефицита витамина С ($\beta = 0,33$; $p < 0,01$) и комплекса витаминов группы В ($\beta = 0,29$; $p < 0,05$).

Внедрение персонифицированного подхода с учетом антропометрических характеристик и уровня физической активности бойцов позволит максимально реализовать потенциал алиментарной поддержки боеспособности личного состава. В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно обозначить: изучение особенностей метаболизма и пищевого статуса военнослужащих различных профессиональных групп;

разработку и апробацию специализированных продуктов и БАД для применения в полевых условиях; оценку эффективности персонифицированных рационов в реальной боевой обстановке; совершенствование математических моделей прогнозирования эффективности алиментарной поддержки.

Решение данных задач создаст надежную научную базу для полноценного обеспечения алиментарных потребностей личного состава и повышения боеспособности Вооруженных Сил в целом.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Askew, E. W. (1995). Environmental and physical stress and nutrient requirements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(3), 631S-637S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.3.631S>
- Deuster, P. A., & Schoomaker, E. B. (2015). Mindfulness: A Fundamental Skill for Performance Sustainment and Enhancement. *Journal of Special Operations Medicine*, 15(1), 93-99.
- Fallowfield, J. L., Delves, S. K., Hill, N. E., Cobley, R., Brown, P., Lanham-New, S. A., Frost, G., Brett, S. J., Murphy, K. G., Montain, S. J., Nicholson, C., Stacey, M., Ardley, C., Shaw, A., Bentley, C., Wilson, D. R., & Allsopp, A. J. (2014). Energy expenditure, nutritional status, body composition and physical fitness of Royal Marines during a 6-month operational deployment in Afghanistan. *The British Journal of Nutrition*, 112(5), 821-829. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001524>
- Friedl, K. E., Moore, R. J., Hoyt, R. W., Marchitelli, L. J., Martinez-Lopez, L. E., & Askew, E. W. (2000). Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1820-1830.
- Gifford, R. M., O'Leary, T., Cobb, R., Blackadder-Weinstein, J., Double, R., Wardle, S. L., Anderson, R. A., Thake, C. D., Hattersley, J., Imray, C., Wilson, A., Greeves, J. P., & Reynolds, R. M. (2019). Female reproductive, adrenal, and metabolic changes during an Antarctic traverse. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(3), 556-567. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001803>
- Greiwe, J. S., Staffey, K. S., Melrose, D. R., Narve, M. D., & Knowlton, R. G. (1998). Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(2), 284-288. <https://doi.org/10.1097/00005768-199802000-00017>
- Hoyt, R. W., Jones, T. E., Stein, T. P., & Askew, E. W. (1991). Doubly labeled water measurement of human energy expenditure during strenuous exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71(1), 16-22. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.1.16>
- Kawakami, R., Sawada, S. S., Kato, K., Gando, Y., Momma, H., Oike, H., ... & Ishiguro, H. (2022). Leisure-time physical activity and incidence of objectively assessed hearing loss: The Niigata Wellness Study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(2), 435-445. <https://doi.org/10.1111/sms.14089>
- Kirkham, A. A., Beka, V., & Prado, C. M. (2021). The effect of caloric restriction on blood pressure and cardiovascular function: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, 40(3), 728-739. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.06.029>
- Kramer, T. R., Moore, R. J., Shippee, R. L., Friedl, K. E., Martinez-Lopez, L., Chan, M. M., & Askew, E. W. (1997). Effects of food restriction in military training on T-lymphocyte responses. *International Journal of Sports Medicine*, 18(1), S84-S90. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972704>
- Lieberman, H. R., Bathalon, G. P., Falco, C. M., Morgan, C. A., Niro, P. J., & Tharion, W. J. (2005). The fog of war: decrements in cognitive performance and mood associated with combat-like stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76(7), C7-C14.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1998). *Anthropometric standardisation reference manual*. Human Kinetics Books.
- Margolis, L. M. & O'Fallon, K. S. (2019). Utility of ketone supplementation to enhance physical performance: A systematic review. *Advances in Nutrition*, 11(2), 412-419. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz104>

- Margolis, L. M., Crombie, A. P., McClung, H. L., McGraw, S. M., Rood, J. C., Montain, S. J., & Young, A. J. (2014). Energy requirements of US Army Special Operation Forces during military training. *Nutrients*, 6(5), 1945–1955. <https://doi.org/10.3390/nu6051945>
- Margolis, L. M., Murphy, N. E., Martini, S., Spitz, M. G., Thrane, I., McGraw, S. M., Blatny, J. M., Castellani, J. W., Rood, J. C., Young, A. J., Montain, S. J., Gundersen, Y., & Pasiakos, S. M. (2014). Effects of winter military training on energy balance, whole-body protein balance, muscle damage, soreness, and physical performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 39(12), 1395–1401. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0212>
- Montain, S. J., Carvey, C. E., & Stephens, M. B. (2010). Nutritional Fitness. *Military Medicine*, 175(8), 65–72. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-10-00127>
- Nindl, B. C., Leone, C. D., Tharion, W. J., Johnson, R. F., Castellani, J. W., Patton, J. F., & Montain, S. J. (2002). Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(11), 1814–1822. <https://doi.org/10.1097/00005768-200211000-00019>
- Pasiakos, S. M., Berryman, C. E., Carrigan, C. T., Young, A. J., & Carbone, J. W. (2017). Muscle protein turnover and the molecular regulation of muscle mass during hypoxia. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(7), 1340–1350. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001228>
- Pasiakos, S. M., McClung, H. L., Margolis, L. M., Murphy, N. E., Lin, G. G., Hydren, J. R., & Young, A. J. (2019). Human muscle protein synthetic responses during weight-bearing and non-weight-bearing exercise: A comparative study of exercise modes and recovery nutrition. *PLOS ONE*, 14(10), Article e0224004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140863>
- Pasiakos, S. M., Margolis, L. M., Murphy, N. E., McClung, H. L., Martini, S., Gundersen, Y., Castellani, J. W., Karl, J. P., Teien, H. K., Madslien, E. H., Stenberg, P. H., Young, A. J., Montain, S. J., & McClung, J. P. (2016). Effects of exercise mode, energy, and macronutrient interventions on inflammation during military training. *Physiological Reports*, 4(11), e12820. <https://doi.org/10.14814/phy2.12820>
- Sato, S., Parr, E. B., Devlin, B. L., Hawley, J. A., & Sassone-Corsi, P. (2018). Human metabolomics reveal daily variations under nutritional challenges specific to serum and skeletal muscle. *Molecular Metabolism*, 16, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2018.06.008>
- Sepowitz, J. J., Armstrong, N. J., & Pasiakos, S. M. (2017). Energy balance and diet quality during the US marine corps forces special operations command individual training course. *Journal of Special Operations Medicine : A Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*, 17(4), 109–113. <https://doi.org/10.55460/RKM3-KDFU>
- Shippee, R., Friedl, K., Kramer, T., Mays, M., Popp, K., Askew, E. W., ... & Arsenault, J. (1994). *Nutritional and immunological assessment of Ranger students with increased caloric intake*. Technical Report T95-5. Natick, MA: U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine
- Templeman, I., Smith, H. A., Chowdhury, E., Chen, Y.-C., Carroll, H., Johnson-Bonson, D., Hengist, A., Smith, R., Creighton, J., Clayton, D., Varley, I., Karagounis, L. G., Wilhelmsen, A., Tsintzas, K., Reeves, S., Walhin, J.-P., Gonzalez, J. T., Thompson, D., & Betts, J. A. (2021). A randomized controlled trial to isolate the effects of fasting and energy restriction on weight loss and metabolic health in lean adults. *Science Translational Medicine*, 13(598), Article eabd8034. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.abd8034>
- Tharion, W. J., Lieberman, H. R., Montain, S. J., Young, A. J., Baker-Fulco, C. J., DeLany, J. P., & Hoyt, R. W. (2005). Energy requirements of military personnel. *Appetite*, 44(1), 47–65. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.11.010>
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
- Williamson, E. (2016). Nutritional implications for ultra-endurance walking and running events. *Extreme Physiology & Medicine*, 5, Article 13. <https://doi.org/10.1186/s13728-016-0054-0>
- Yang, D., Liu, Z., Yang, H., & Jue, Y. (2014). Acute effects of high-protein versus normal-protein isocaloric meals on satiety and ghrelin. *European Journal of Nutrition*, 53(2), 493–500. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0552-4>