

<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 переизбытка. 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 созданию 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 проводился 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 свежесожатом 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 свежесожатый 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 свежесожатых 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 (Tagliascio 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; Vinyo 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 маргарины, 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, говяжьей 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 закуски, 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 дальнейших 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 & Iannotti, 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 желательным и целесообразным является 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) (Wojarczuk 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., 2024б; 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 маргарина, 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 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 желательны 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 (Шкрабтак, 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, контролируемых микробиомом 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 (Samtiya 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 Meija 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 определенных 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 (Vajka 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 критических 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 заправок (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), редуционистский 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.(2024б) 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., Seminkin, 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>
- Eliashovich, 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>
- Eliashovich, 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>
- Ильenkova, 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 . *CardioСоматика*, 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., Druesne-Pecollo, N., Esseddik, Y., De Edelenyi, F. S., Agaesse, C., De Sa, A., Lutchia, R., Rebouillat, P., Srour, 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.lanep.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>
- Cverenkárova, K., Valachovicová, M., Mackulak, T., Zemlická, 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., Dellafiora, L., Picone, G., Antonelli, G., Tedeschi, T., Buschini, A., Capozzi, F., Galaverna, G., & Bordoni, 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 nutraceuticals 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., & Bösny-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 Obesity & Metabolism*, 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>
- Nepovinnykh, 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>
- Sadrabad, 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., & Sevenpiper, 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>