

УДК 634.11: 663.813

Яблочные выжимки как источник функциональных пищевых ингредиентов: обзор предметного поля

¹ ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³ ВНИИПБТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», г. Москва, Россия

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Коденцова Вера Митрофановна
E-mail: kodentsova@ion.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:
данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Коденцова, В.М., Рисник, Д.В., Серба, Е.М., Абрамова, И.М., Туршатов, М.В., & Соловьев, А.О. (2023). Яблочные выжимки как источник функциональных пищевых ингредиентов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 231-242. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.430>

ПОСТУПИЛА: 25.12.2022

ПРИНЯТА: 15.06.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.06.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках поисковых научных исследований по теме № FGMF-2023-0004.



В. М. Коденцова¹, Д. В. Рисник², Е. М. Серба³, И. М. Абрамова³,
М. В. Туршатов³, А. О. Соловьев³

АННОТАЦИЯ

Введение: Яблочные выжимки представляют собой побочный продукт, образующийся при производстве соков. Масса яблочных выжимок в зависимости от способа производства сока и используемой аппаратуры может составлять от 28 до 60% от массы исходного сырья.

Цель: В данной обзорной статье представлен анализ возможности использования яблочных выжимок в качестве функционального компонента пищевых продуктов.

Материалы и методы: Обзор существующей по проблеме литературы за последние годы осуществляли по базам данных РИНЦ, Pubmed и в системах Google Scholar. Были проанализированы данные по содержанию биологически активных веществ в яблочных выжимках, а также количеству, вводимому в различные пищевые продукты, а также проведена оценка возможности обогащения рациона биологически активными веществами, исходя из норм физиологической потребности организма в пищевых волокнах.

Результаты: По своей сути яблочные выжимки представляют собой концентрат пищевых волокон, содержащий значительное количество природных антиоксидантов (фенольные соединения), связанных с углеводной матрицей. В отношении организма человека яблочные выжимки сочетают в себе свойства двух типов веществ – пищевых волокон и антиоксидантов. В технологическом отношении яблочные выжимки являются функциональным ингредиентом, обладающим влаго- и маслоудерживающей способностью, улучшают текстуру, повышают антиоксидантную активность продукта.

Выводы: Введение яблочных выжимок в рецептуру обеспечивает не только улучшение технологических свойств хлеба и мучных кондитерских изделий (кексы, печенье, бисквиты, крекеры), молочных ферментированных (йогурты), мясных (сосиски, колбасы, мясорубленные изделия), экструдированных и других продуктов, вызывая некоторое потемнение конечного продукта, но и повышает пищевую ценность за счет увеличения содержания пищевых волокон и антиоксидантных свойств продукта. Включение яблочных выжимок в рацион крыс с высоким содержанием жира и сахарозы приводит к улучшению липидного профиля сыворотки крови, препятствует повышению массы тела. Яблочная выжимка является функциональным, экономичным и полезным ингредиентом в рецептуре пищевых продуктов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

яблочные выжимки, пищевые волокна, природные антиоксиданты, фенольные соединения, пищевые продукты

Apple Pomace as a Functional Food Ingredient: Scoping Review

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety

² Lomonosov Moscow State University

³ All-Russian Research Institute of Food Biotechnology is a branch Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety"

Vera M. Kodentsova¹, Dmitry V. Risnik², Elena M. Serba³,
Irina M. Abramova³, Mikhail V. Turshatov³, Alexander O. Solovyev³

ABSTRACT

Introduction: Apple pomace is a by-product formed during juice production. The weight of apple pomace, depending on the method of juice production and the equipment used, can range from 28 to 60% of the weight of the original raw material.

Purpose: This review article presents an analysis of the possibility of using apple pomace as a functional component of food products.

Materials and Methods: A review of the existing literature on the issue over recent years was conducted using the RINC, Pubmed databases and the Google Scholar system. Data on the content of biologically active substances in apple pomace and the quantity introduced into various food products were analyzed, as well as an assessment of the possibility of enriching the diet with biologically active substances based on the standards of physiological need of the body in dietary fibers.

Results: In essence, apple pomace is a concentrate of dietary fibers containing a significant amount of natural antioxidants (phenolic compounds) bound to the carbohydrate matrix. In terms of the human body, apple pomace combines the properties of two types of substances – dietary fibers and antioxidants. Technologically, apple pomace is a functional ingredient with moisture and oil retention capacity, improving texture and increasing the antioxidant activity of the product.

Conclusion: Incorporating apple pomace into the recipe not only improves the technological properties of bread and flour confectionery products (cakes, cookies, biscuits, crackers), dairy fermented products (yogurts), meat products (sausages, salami, minced meat products), extruded and other products, causing some darkening of the final product, but also enhances the nutritional value due to the increased content of dietary fibers and antioxidant properties of the product. Including apple pomace in the diet of rats with high fat and sucrose content leads to an improvement in the blood serum lipid profile and prevents weight gain. Apple pomace is a functional, economical, and beneficial ingredient in food product recipes.

KEYWORDS

apple squeezes, dietary fiber, natural antioxidants, phenolic compounds, food products.

CORRESPONDENCE:

Vera M. Kodentsova

E-mail: kodentsova@ion.ru

FOR CITATIONS:

Kodentsova, V.M., Risnik, D.V., Serba, E.M., Abramova, I.M., Turshatov, M.V., & Solovyev, A.O. (2023). Apple pomace as a source of functional food ingredients. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 231-242. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.430>

RECEIVED: 25.12.2022

ACCEPTED: 15.06.2023

PUBLISHED: 30.07.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.

FUNDING

The study was carried out as part of exploratory scientific research on topic No. FGMF-2023-0004.



ВЕДЕНИЕ

При производстве соков, яблочных напитков образуется побочный продукт — яблочные выжимки. Ежегодно образуется несколько миллионов тонн яблочных выжимок с тенденцией к росту, причем, чаще всего, они представляют собой отходы или используется в качестве корма для животных (Antonic et al., 2020). Масса яблочных выжимок в зависимости от способа производства сока и используемой аппаратуры может составлять от 28 до 60 % от массы исходного сырья (Волобуева с соавт., 2016; Шахрай с соавт., 2020). Яблочные выжимки содержат большое количество пищевых волокон, а также более 60 различных фенольных соединений и, таким образом, имеют широкие перспективы для применения в пищевой промышленности.

В конце прошлого столетия была сформулирована концепция антиоксидантных пищевых волокон. Согласно этой концепции, антиоксидантные пищевые волокна можно охарактеризовать как концентрат пищевых волокон, который содержит значительное количество природных антиоксидантов, связанных посредством ионных, ковалентных или водородных связей с углеводной матрицей, что обеспечивает дополнительные преимущества антиоксидантов со свойствами клетчатки, регулируя высвобождение биоактивных соединений из матриц и всасывание в желудочно-кишечном тракте (Angulo-López et al., 2023; Shahidi & Hossain, 2023). Впервые этот термин был применен в отношении виноградной выжимки. Критериями отнесения к антиоксидантным пищевым волокнам считается высокое содержание пищевых волокон (около 50 % в пересчете на сухую массу, а также наличие присущих компоненту антиоксидантных и антирадикальных свойств, оцениваемых по способности ингибировать окисление липидов, сопоставимой с 200 мг витамина Е, а также способности поглощать свободные радикалы в реакции взаимодействия с хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH), эквивалентной 50 мг витамина Е (измеряется с помощью DPPH) (Angulo-López et al., 2023). Выжимки многих фруктов можно считать функциональным ингредиентом в отношении как продукта, так и организма, поскольку он улучшает пищевые качества пищи; они могут увеличить влагоудерживающую способность, маслоудерживающую способность, эмульгирование и/или гелеобразование; улучшать текстуру, сенсорные характеристики, продлевать срок

годности, повышать антиоксидантную активность (Calicet et al., 2022). К функциональным пищевым ингредиентам относят физиологически активные вещества, с известными физико-химическими характеристиками, для которых выявлены и научно обоснованы полезные для сохранения и улучшения здоровья свойства, установлена суточная физиологическая потребность. Функциональный ингредиент проявляет свое действие при внесении в продукт в количествах, обеспечивающих существенный вклад в потребление того или иного пищевого вещества. Добавление незначительных количеств функционального ингредиента к пищевому продукту, улучшив технологические параметры, не всегда позволяет рассматривать его в качестве дополнительного источника дефицитных в питании населения нутриентов. Другими словами, один натуральный компонент сочетает в себе свойства двух типов веществ.

Цель обзора предметного поля — оценка возможности использования яблочных выжимок в качестве функционального компонента пищевых продуктов. В соответствии с поставленной целью были охарактеризованы данные по химическому составу яблочных выжимок, применению их в технологических целях и для повышения пищевой ценности пищевой продукции, а также представлены результаты доклинических исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Базы данных и временные рамки

Обзор литературы по существующей проблеме за последние годы осуществляли по базам данных РИНЦ, Pubmed, Scopus, Web of Science. Поиск источников был ограничен периодом с 2016 по 2023 гг в связи с развитием современных методов определения биологических веществ и накоплением данных, касающихся пищевой ценности и использования в пищевой промышленности яблочных выжимок.

Критерии включения и исключения источников

Отбор источников для анализа реализовывался, по ключевым словам: яблочные выжимки, пищевые волокна, природные антиоксиданты, феноль-

ные соединения, пищевые продукты. Ключевыми словами для осуществления поиска в иностранной литературе являлись: apple pomace, dietary fiber, natural antioxidants, phenolic compounds, food products.

Критерии включения:

- (1) статья написана в период с 2016–2023 год;
- (2) статьи соответствуют теме исследования;
- (3) типами анализируемых статей являются оригинальные исследовательские работы, опубликованные в научных журналах, материалах конференций различных уровней, а также монографии, посвященные тематике исследования

Критерии исключения:

- (1) Исследования, не соответствующие теме данного обзора: не содержащие сведения о пищевой ценности яблочных выжимок, не содержащие данных о влиянии их введения на свойства пищевых продуктов или эффективности употребления в пищу или корм животных;
- (2) исследования, изданные не на русском или английском языках;
- (3) жанр статьи — не соответствующий указанным жанрам по критериям включения;
- (4) содержание статьи дублируется. Если из разных баз данных или разных электронных библиотечных систем были извлечены повторяющиеся источники, их классифицировали только один раз.

Процедура исследования

Была разработана и протестирована стратегия поиска с использованием ряда баз данных, чтобы добиться междисциплинарного охвата. К ним относятся: РИНЦ, PubMed. Выполнены все поиски по состоянию на 20 марта 2023 года. После этого ключевые слова при поиске в базах данных скорректированы. Результаты ограничены публикациями с 2016 г. по настоящее время.

Анализ данных включал как количественные (т. е. частоты и проценты), так и качественные (т. е. тематический анализ) методы. Впоследствии каждое из утверждений, описывающих состав и функциональные свойства яблочных выжимок, которые были извлечены из включенных статей, были классифицированы с использованием созданного списка. Во время категоризации извлеченных утверждений, если утверждение не относилось к уже существующей в списке категории, добавлялась новая категория. Если из одной записи были извлечены повторяющиеся источники, их классифицировали только один раз.

Анализ и систематизация данных

Результаты анализа были представлены в виде таблиц и диаграмм для визуализации данных. Для обзора предметного поля проведенного исследования использовали протокол PRISMA и составлена схема проведения исследования (Рисунок 1).

Рисунок 1

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



Примечание. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation, 2018 (<https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M18-0850>). In the public domain.

Таблица 1

Пример извлечения данных из статей, включенных в обзор (Тимакова, 2020)

№	Заглавие	Автор и год	Сведения о пищевой ценности яблочных выжимок	Влияние на свойства пищевых продуктов	Эффективность употребления в пищу или корм
1	Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем	Тимакова, Р. Т. (2020).	–	Добавление в рецептуру хлеба порошкообразных выжимок яблок разных помологических сортов в дозе 7,5 % от массы муки улучшало пористость хлеба, повысило содержание растворимых пищевых волокон	–

Извлечение и анализ данных

Для анализа источников и поиска ответов на рассматриваемые вопросы, такие как: влияние добавления яблочных выжимок на свойства пищевых продуктов, определить их положительное или негативное влияние на качественные характеристики продуктов питания, выбирали данные из статей, соответствующих критериям включения и вносили их в Таблицу 1.

0,7 % белка, 1,3 % жира, 2,5 % пектиновых веществ, 1,8 % клетчатки, 0,9 % органических кислот, 22 мг витамина С, 15 мг катехинов, 45,5 мг флавонолов (Перфилова, 2017).

Вследствие высокого содержания влаги яблочная выжимка подвержена порче микробами, а также окислению полифенолов, что приводит к ухудшению качества и потемнению продукта. Для предотвращения этих процессов сразу после производства яблочную выжимку высушивают с использованием конвекционной сушки горячим воздухом, низкотемпературной вакуумной сушки, сублимационной сушки или микроволновой сушки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пищевая ценность яблочных выжимок

Состав яблочных выжимок зависит от производственного процесса, сорта яблок и года сбора урожая. 100 г свежих яблочных выжимок содержит

В Таблице 2, представлен примерный состав сухой яблочной выжимки отечественного и импортного производства.

Содержание пищевых и биологически активных веществ (полифенольные соединения) по дан-

Таблица 2

Пищевая ценность 100 г сухой яблочной выжимки в пересчете на сухое вещество

Показатель	Отечественного производства	Импортного производства	Показатель	Диапазон, мг
Влага, г	10	4–10	Натрий, мг	2–200
Жир, г	-	0,26–8,49	Калий, мг	449–873
Белок, г	-	1,2–6,9	Кальций, мг	50–470
Зола, г	-	0,5–4,29	Фосфор, мг	50–950
Фруктоза, г	15–24	11,5–49,8	Магний, мг	20–182

Показатель	Отечественного производства	Импортного производства	Показатель	Диапазон, мг
Глюкоза, г	10–18	2,5–22,7	Железо, мг	2,4–23
Пищевые волокна, г	12–25	26,8–82,0	Цинк, мг	0,22–1,5
Нерастворимые пищ. волокна, г	–	18,4	Медь, мг	0,11–0,22
			Марганец, мг	0,61–0,9
Пектин, г	2,5–5,5	3,5–14,3	Антиоксидантная активность, г-экв. Trolox	0,77
Яблочная кислота, г	–	0,05–3,28		
Полифенольные соединения (в пересчете на галловую кислоту), мг	210–280	289–840		

Примечание: Из «Конструирование продуктов питания профилактического назначения, корректирующих макро- и микроэлементный статус питания человека», Т. Г. Причко, М. Г. Германова, Т. Л. Смелик, 2017, *Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук*, (12), 169–173. Copyright 2017 by Северо-Кавказского зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук; «Разработка фруктово-овощного повидла с повышенным содержанием биологически активных веществ», Т. Г. Причко, Н. В. Дрофичева, 2022, *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, (1), 25–28 (<http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.1.5>). Copyright 2022 by Известия высших учебных заведений; «Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis», by J. E. Angulo-López, A. C. Flores-Gallegos, J. A. Ascacio-Valdes, J. C. Contreras Esquivel, C. Torres-León, X. Rúelas-Chácon, C. N. Aguilar, 2023, *Foods*, 12(1), Article 159 (<http://doi.org/10.3390/foods12010159>). Copyright 2023 by MDPI; «Natural polyphenol recovery from apple, cereal, and tomato-processing by-products and related health-promoting properties», by K. Szabo, L. Mitrea, L. F. Călinoiu, B. E. Teleky, G. A. Martău, D. Plamada, M. S. Pascuta, S.-A. Nemeş, R.-A. Varvara, D. C. Vodnar, 2022, *Molecules*, 27(22), Article 7977 (<https://doi.org/10.3390/molecules27227977>). Copyright 2022 by MDPI.

ным литературы варьирует в широком диапазоне, что в значительной мере зависит от сорта яблок. Содержание растворимых пищевых волокон в сухой яблочной выжимке достигает 40 %, общее содержание полифенольных соединений в 1 г — 5,5–8,4 мг в пересчете на галловую кислоту (Erinle & Adewole, 2022).

Преобладающими семействами фенольных соединений в яблочной выжимке являются дигидрохалконы, процианидины, флаван-3-ол-мономеры, флавонолы, антоцианидины и гидроксикоричные кислоты. Типичными соединениями являются флоризин (15 мг/100 г сухого веса) из семейства дигидрохалконов, хлорогеновая кислота (около 20 мг/100 г сухого веса) из семейства гидроксикоричных кислот и эпикатехин из семейства флаван-3-ол-мономеров (Pollini et al., 2021), которые обладают выраженным действием при диабете, онкологических, сердечнососудистых и нейрокогнитивных заболеваниях (Szabo et al., 2022). В лио-

филизированной яблочной выжимке содержание в 100 г сухого вещества составляет $5 \pm 0,9$ г кофейной кислоты, 2140 ± 40 мг транс-коричной кислоты и 237 ± 3 мг кверцетин-3- β -D-глюкозида (Vlad et al., 2022).

Использование яблочной выжимки в технологических целях

Использование яблочной выжимки при изготовлении различных видов пищевых продуктов реализуется преимущественно в качестве альтернативного источника пищевых волокон (Таблица 3).

Сенсорная оценка показала, что при увеличении содержания яблочной выжимки в пшеничном хлебе вплоть до 5 % он сохраняет благоприятную текстуру, цвет, общий вид, вкус и запах (Skinner et al., 2018a). Добавление в рецептуру хлеба порошкообразных выжимок яблок разных помолологических

Таблица 3

Влияние добавления яблочной выжимки в различные виды пищевых продуктов на технологические параметры и пищевую ценность

Продукт	Доза яблочной выжимки	Технологические параметры	Пищевая ценность
Мучные изделия			
Торт бисквитный, кекс	5–32 %	Объем↓, влагоудерживающая способность↑	ПВ ↑, ФС ↑, АС ↑
Печенье	5–50 %	Твердость ↓	ПВ ↑, гликемический индекс ↓
Хлеб	1–15 %	Пористость ↑**, Объем ↓	ПВ ↑, ФС ↑, АС ↑, белок ↓, крахмал ↓
Экструдированные зерновые снеки	10–30 %	–	ПВ ↑, ФС ↑, АС ↑, белок ↓, крахмал ↓
Мясные продукты			
Куриная котлета	10–20 %*	Жесткость ↑	ПВ ↑, АС ↑
Куриные сосиски	3–9 %	Твердость ↑	Жир ↓
Котлеты говяжьи	2–8 %	Текстура ↑, выход продукта ↑	ПВ ↑, ФС ↑
Итальянская салями	7–14 %	–	АС ↑
Молочные продукты			
Йогурт	1–5 %	Вязкость ↑, твердость ↑, стабильность ↑, время ферментации ↓	АС ↑

Примечание: Условные обозначения: ПВ – пищевые волокна, ФС – фенольные соединения, антиоксидантная способность – АС, * – влажные выжимки, ** – при одновременном увеличении в 2–3 раза количества дрожжей и предварительном замачивании свежемороженых яблочных выжимок в смеси растительного масла и воды с температурой 28–30 °С, ↑ – увеличение, ↓ – уменьшение.

Из «Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем», Р. Т. Тимакова, 2020, *Научный журнал ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств*, (2), 22–28 (<http://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28>). Copyright 2020 by ИТМО; «Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis», by B. Antonic, S. Jancikova, D. Dordevic, B. Tremlova, 2020, *Journal of Food Science*, 85(10), 2977–2985 (<http://doi.org/10.1111/1750-3841.15449>). Copyright 2020 by MDPI; «Ultrasound-assisted extraction and characterization of polyphenols from apple pomace, functional ingredients for beef burger fortification», by L. Pollini, F. Blasi, F. Ianni, L. Grispoli, S. Moretti, A. Di Veroli, L. Cossignani, B. T. Cenci-Goga, 2022, *Molecules*, 27(6), Article 1933 (<https://doi.org/10.3390/molecules27061933>). Copyright 2022 by MDPI; «Importance of insoluble-bound phenolics to the antioxidant potential is dictated by source material», by F. Shahidi, A. Hossain, 2023, *Antioxidants*, 12(1), Article 203 (<https://doi.org/10.3390/antiox12010203>). Copyright 2023 by MDPI; «Apple pomace consumption favorably alters hepatic lipid metabolism in young female Sprague-Dawley rats fed a western diet», by R. C. Skinner, D. C. Warren, S. N. Lateef, V. A. Benedito, J. C. Tou, 2018, *Nutrients*, 10(12), Article 1882 (<https://doi.org/10.3390/nu10121882>). Copyright 2018 by MDPI; «A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace», by R. C. Skinner, J. C. Gigliotti, K. M. Ku, J. C. Tou, 2018, *Nutrition Reviews*, 76(12), 893–909 (<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy033>). Copyright 2018 by MDPI; «Selected physico-chemical, nutritional, antioxidant and sensory properties of wheat bread supplemented with apple pomace powder as a by-product from juice production», by V. Valková, H. Ďuranová, M. Havrlentová, E. Ivanišová, J. Mezey, Z. Tóthová, L. Gabríny, M. Kačániová, 2022, *Plants*, 11(9), Article 1256 (<https://doi.org/10.3390/plants11091256>). Copyright 2022 by MDPI; «Functionality and storability of cookies fortified at the industrial scale with up to 75 % of apple pomace flour produced by dehydration», by S. Zlatanović, A. Kalušević, D. Micić, J. Laličić-Petronijević, N. Tomić, S. Ostojić, S. Gorjanovi, 2019, *Foods*, 8(11), Article 561 (<https://doi.org/10.3390/foods8110561>). Copyright 2019 by MDPI; «Impact of apple pomace powder on the bioactivity, and the sensory and textural characteristics of yogurt», by L. Popescu, T. Ceșco, A. Gurev, A. Ghendov-Mosanu, R. Sturza, R. Tarna, 2022, *Foods*, 11(22), Article 3565 (<https://doi.org/10.3390/foods11223565>). Copyright 2022 by MDPI.

сортов в дозе 7,5 % от массы муки улучшало пористость хлеба, повысило содержание растворимых пищевых волокон (Тимакова, 2020). Показано, что введение порошка яблочных выжимок или свежеморожененных яблочных выжимок в рецептуру хлеба взамен части пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта стимулирует и сокращает процесс брожения теста, улучшает пористость и вкусовые свойства хлеба (Ковалева с соавт., 2020).

В пшеничном хлебе с добавлением 10 % яблочной выжимки по сравнению с контролем в 4,27 раза увеличилось содержание полифенольных соединений и в 1,7 раз — антиоксидантная способность. И хотя сенсорная оценка не обнаружила существенных различий по всем тестируемым признакам, при этом происходило существенное уменьшение объема батона (482 см³ против 610 см³) (Valková et al., 2022).

Негативное влияние яблочных выжимок на качество хлеба, проявляющееся в уменьшении объема и изменении цвета (потемнение), зависит от их количества, добавленного в рецептуру, и используемых сортов яблок. По мнению некоторых авторов, введение в рецептуру 10 % яблочных выжимок является оптимальным, обеспечивающим сохранение приемлемых физических и сенсорных свойств батончиков из пшеничной муки (Valková et al., 2022).

Недавний метаанализ 25 исследований по влиянию включения сухих яблочных выжимок на изменение цвета продуктов растительного происхождения показал, что изделия с добавлением яблочных выжимок были темнее контрольных изделий, за исключением хлеба, содержащего 10 % яблочных выжимок, при этом статистически значимо в хлебе увеличилось общее содержание пищевых волокон (Antonic et al., 2020).

Наряду с хлебом имеется опыт добавления муки из яблочных выжимок в торты, кексы, печенье, бисквиты, крекеры и экструдированные продукты (Antonic et al., 2020). Содержание пищевых волокон в тортах, приготовленных из смеси пшеничной муки с добавлением 25 % яблочной выжимки, увеличилось до 14,2 % по сравнению с 0,47 % в изделиях, изготовленных из пшеничной муки по традиционной рецептуре (Skinner et al., 2018b).

Порошок яблочной выжимки добавляли также в мясные изделия (куриные котлеты, колбаса

(3–6 %), говяжьих (6 %) и куриных сосиски (3, 6, 9 %) для улучшения технологических параметров (реологические свойства, стабильность эмульсии, увеличение срока хранения за счет антиоксидантных и антимикробных свойств полифенольных соединений), а также с целью повышения потребления пищевых волокон (Antonic et al., 2020). Включение 1–2 % яблочных выжимок, обработанных амилазой для удаления крахмала, содержащих 60 % пищевых волокон, в рецептуру куриных сосисок позволило снизить содержание жира с 30 до 20–25 % за счет частичной замены свиного жира, одновременно произошло улучшение качественных характеристик продукта по сравнению с традиционным (Choi et al., 2016). Метаанализ показал, что за исключением куриных наггетсов цвет мясных изделий становится темнее, при этом для большинства продуктов было отмечено усиление антиоксидантных свойств (Antonic et al., 2020).

Лиофилизированную яблочную выжимку, содержащую около 40 % пищевых волокон, в дозе 4 % и 8 % использовали в качестве добавки при изготовлении бургеров из говядины, что привело к увеличению содержания клетчатки и фенольных соединений, а цвет и вкус по результатам сенсорной оценки 20 экспертов получили более высокую оценку по сравнению с контрольными образцами (Pollini et al., 2022).

Замена мяса яблочной выжимкой в количестве 7 и 14 % позволила выработать итальянскую салями со вкусовыми свойствами, сравнимыми с теми, которые получают по классическим рецептам, при этом существенно улучшились антиоксидантные свойства продукта (Grispoldi et al., 2022).

Высушенную яблочную выжимку потенциально можно использовать в рецептуре батончиков, мюсли, а также в качестве вкусо-ароматических добавок и компонента фруктовых начинок в мучных кондитерских изделиях.

В соотношении 1:1 или 55:15 яблочное пюре и порошок яблочных выжимок используют при приготовлении повидла (Причко с соавт., 2017; Причко & Дрофичева, 2022).

Таким образом, основными свойствами яблочных выжимок являются высокое содержание пищевых волокон и соединений, обладающих антиоксидант-

ными свойствами. Введение выжимок в рецептуру в зависимости от продукта по-разному влияет на их технологические свойства. Основным недостатком, ограничивающим включение яблочных выжимок в пищевые продукты, является изменение цвета конечного продукта, особенно заметное при производстве мучных изделий, тогда как в мясных продуктах это изменение вызвало даже положительную реакцию экспертов.

Применение яблочной выжимки в доклинических исследованиях

Добавление в корм крыс Sprague-Dawley, получавших высокожировую диету, содержащую 15% жира (8% свиного жира и 7% соевого масла) от массы рациона, яблочной выжимки в количестве 10% от массы рациона в течение 9 недель, привело к снижению массы тела и процентного содержания жира в организме, а также улучшению липидного профиля сыворотки крови, о чем свидетельствовали более низкие уровни холестерина липопротеидов низкой плотности и более высокие уровни холестерина липопротеидов высокой плотности (Skinner et al., 2018a). У крыс-отъемышей, получавших рацион с высоким содержанием холестерина (0,3% от массы рациона), добавление 5% яблочной выжимки снижало содержание холестерина в печени на 11% по сравнению с крысами, которых кормили высокохолестериновой диетой ($P < 0,05$), также добавление выжимки снижало концентрацию диеновых конъюгатов в сыворотке крови (Skinner et al., 2018a).

Добавление яблочных выжимок (10% по массе) в диету, имитирующую западную диету с высоким содержанием жира и сахарозы (45% жира, 33% сахарозы) в течение 8 недель, ослабляло у самок крыс Sprague-Dawley инфильтрацию жировых вакуолей, накопление мононенасыщенных жирных кислот и триглицеридов в печени вследствие более высокой циркуляции желчи (Skinner et al., 2018b).

Включение в рацион яблочной выжимки улучшает липидный обмен, липидный профиль крови и нивелирует метаболические нарушения (гипергликемию, резистентность к инсулину), вызванные питанием с высоким содержанием жиров, а также улучшает антиоксидантный статус организма (Skinner et al., 2018). Помимо этого волокна яблоч-

ной выжимки улучшают пищеварение и обмен веществ у животных благодаря своему пребиотическому действию и стимулируют рост полезных бактерий в кишечнике, усиливают перистальтику кишечника, влияют на гомеостаз холестерина и триглицеридов (Erinle & Adewole, 2022). Яблочная выжимка также содержит биоактивные соединения (фенолы и тритерпены), которые обеспечивают множественные эффекты, положительно влияющие на сердечно-сосудистую систему, улучшая функции эндотелия и оказывая антиоксидантный эффект, обеспечивают снижение уровня провоспалительных цитокинов и окислительного стресса, а также оказывают гипогликемический эффект (Valková et al., 2022).

ВЫВОДЫ

Основными востребованными пищевой промышленностью свойствами яблочных выжимок — побочного продукта переработки яблок, являются высокое содержание пищевых волокон и соединений, обладающих антиоксидантными свойствами, обозначаемых как антиоксидантные пищевые волокна. Низкая стоимость и доступность в больших количествах делают их перспективным сырьем для пищевой промышленности. Введение выжимок в рецептуру обеспечивает улучшение технологических свойств хлебобулочных, молочных ферментированных, мясных и других продуктов. Яблочная выжимка является источником функциональных, экономичных и полезных ингредиентов в рецептуре пищевых продуктов.

Состав яблочных выжимок зависит от сорта яблок, способа высушивания, поэтому требуются исследования пищевой ценности отечественных сортов яблок с дальнейшей оценкой возможности использования выжимок в качестве сырья для получения функциональных пищевых ингредиентов.

Основным недостатком, ограничивающим включение яблочных выжимок в пищевые продукты, является изменение их цвета, особенно заметное при производстве мучных изделий, тогда как в мясных продуктах это изменение вызвало даже положительную реакцию экспертов. Адекватное потребление пищевых волокон и фенольных соединений является частью здорового питания. Что касается применения яблочных выжимок в качестве источ-

ника обогащающего ингредиента, то оценка должна осуществляться исходя из рекомендуемого или адекватного суточного потребления пищевых волокон и фенольных соединений. Добавление незначительных количеств яблочных выжимок в продукт не повышает его пищевой ценности для потребителя. В соответствии с действующими нормативными документами оценка степени обогащения должна осуществляться на основе расчета процента от рекомендуемого или адекватного суточного потребления пищевых волокон и фенольных соединений, однако очевидно, что во многих случаях (особенно при включении больших количеств) при маркировке может быть указано, что продукт — «источник пищевых волокон». При этом хотя антиоксидантная способность продукта повышается, но, по всей видимости, не всегда достигает значимых величин для потребителя.

В целом, можно ожидать, что благодаря своему составу (высокому содержанию пищевых волокон и веществ, обладающих антиоксидантными свойствами) яблочная выжимка может оказывать плейотропное кардио- и васкулопротекторное действие, воздействуя на многочисленные сигнальные пути и факторы риска. Потенциал использования яблочной выжимки в качестве технологической добавки или источника функциональных ингредиентов питания (пищевых волокон и природных антиоксидантов) для человека еще далеко не исчерпан. Кроме того, использование яблочной выжимки, стандартизированной по содержанию пищевых волокон и фенольных соединений, в качестве ком-

мерческого продукта может стать экологически и экономически выгодным решением для утилизации яблочных отходов, образующихся при промышленной переработке яблок.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Вера Митрофановна Коденцова: концептуализация, разработка методологии исследования, проведение исследования, подготовка черновика рукописи, создание рукописи и её редактирование.

Дмитрий Владимирович Рисник: проведение исследования, подготовка черновика рукописи.

Елена Михайловна Серба: подготовка черновика рукописи, визуализация, проведение исследования, работа с программным обеспечением.

Ирина Михайловна Абрамова: проведение исследования, валидация данных, подготовка черновика рукописи, создание рукописи и её редактирование.

Михаил Владимирович Туршатов: проведение исследования, валидация данных, подготовка черновика рукописи, создание рукописи и её редактирование.

Александр Олегович Соловьев: проведение исследования, подготовка черновика рукописи, создание рукописи и её редактирование.

ЛИТЕРАТУРА

- Волобуева, Е. С., Анискина, М. В., & Федоренко, К. П. (2016). Технология выработки кормовой добавки из яблочных выжимок. *Сельскохозяйственный журнал*, (1), 268–271.
- Ковалева, А. Е., Пьяникова, Э. А., & Ткачева, Е. Д. (2020). Совершенствование рецептуры и технологии хлеба пшеничного с использованием яблочных выжимок. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, (2), 61–66. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-61-66>
- Перфилова, О. В. (2017). Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания. *Новые технологии*, (4), 65–71.
- Причко, Т. Г., Германова, М. Г., & Смелик, Т. Л. (2017). Конструирование продуктов питания профилактического назначения, корректирующих макро- и микроэлементный статус питания человека. *Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук*, (12), 169–173.
- Причко, Т. Г., & Дрофичева, Н. В. (2022). Разработка фруктово-овощного повидла с повышенным содержанием биологически активных веществ. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, (1), 25–28. <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.1.5>
- Тимакова, Р. Т. (2020). Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем. *Научный журнал ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств*, (2), 22–28. <http://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28>

- Шахрай, Т. А., Викторова, Е. П., Великанова, Е. В., & Корней, Н. Н. (2020). Современные исследования в области получения пищевых ингредиентов из вторичных ресурсов переработки яблок. *Новые технологии*, (3), 80–88. <http://doi.org/10.24411/2072-0920-2020-10309>
- Angulo-López, J. E., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdes, J. A., Contreras Esquivel, J. C., Torres-León, C., Rúelas-Chácon, X., & Aguilar, C. N. (2023). Antioxidant dietary fiber sourced from agroindustrial byproducts and its applications. *Foods*, 12(1), Article 159. <http://doi.org/10.3390/foods12010159>
- Antonic, B., Jancikova, S., Dordevic, D., & Tremlova, B. (2020). Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Science*, 85(10), 2977–2985. <http://doi.org/10.1111/1750-3841.15449>
- Calicet, C., Malaguti, M., Marracino, L., Barbalace, M. C., Rizzo, P., Hrelia, S. (2022). Agri-food waste from apple, pear, and sugar beet as a source of protective bioactive molecules for endothelial dysfunction and its major complications. *Antioxidants*, 11(9), Article 1786. <http://doi.org/10.3390/antiox11091786>
- Choi, Y. S., Kim, Y. B., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, H. W., & Kim, C. J. (2016). Effect of apple pomace fiber and pork fat levels on quality characteristics of uncured, reduced-fat chicken sausages. *Poultry Science*, 95(6), 1465–1471. <http://doi.org/10.3382/ps/pew096>
- Erinle, T. J., & Adewole, D. I. (2022). Fruit pomaces — their nutrient and bioactive components, effects on growth and health of poultry species, and possible optimization techniques. *Animal Nutrition*, (9), 357–377. <http://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.011>
- Grispoldi, L., Ianni, F., Blasi, F., Pollini, L., Crotti, S., Cruciani, D., Cenci-Goga, B. T., & Cossignani, L. (2022). Apple pomace as valuable food ingredient for enhancing nutritional and antioxidant properties of Italian salami. *Antioxidants*, 11(7), Article 1221. <https://doi.org/10.3390/antiox11071221>
- Pollini, L., Blasi, F., Ianni, F., Grispoldi, L., Moretti, S., Di Veroli, A., Cossignani, L., & Cenci-Goga, B. T. (2022). Ultrasound-assisted extraction and characterization of polyphenols from apple pomace, functional ingredients for beef burger fortification. *Molecules*, 27(6), Article 1933. <https://doi.org/10.3390/molecules27061933>
- Pollini, L., Cossignani, L., Juan, C., & Mañes, J. (2021). Extraction of phenolic compounds from fresh apple pomace by different non-conventional techniques. *Molecules*, 26(14), Article 4272. <https://doi.org/10.3390/molecules26144272>
- Popescu, L., Ceşco, T., Gurev, A., Ghendov-Mosanu, A., Sturza, R., & Tarna, R. (2022). Impact of apple pomace powder on the bioactivity, and the sensory and textural characteristics of yogurt. *Foods*, 11(22), Article 3565. <https://doi.org/10.3390/foods11223565>
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2023). Importance of insoluble-bound phenolics to the antioxidant potential is dictated by source material. *Antioxidants*, 12(1), Article 203. <https://doi.org/10.3390/antiox12010203>
- Skinner, R. C., Warren, D. C., Lateef, S. N., Benedito, V. A., & Tou, J. C. (2018a). Apple pomace consumption favorably alters hepatic lipid metabolism in young female Sprague-Dawley rats fed a western diet. *Nutrients*, 10(12), Article 1882. <https://doi.org/10.3390/nu10121882>
- Skinner, R. C., Gliotti, J. C., Ku, K. M., & Tou, J. C. (2018b). A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutrition Reviews*, 76(12), 893–909. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy033>
- Szabo, K., Mitrea, L., Călinoiu, L. F., Teleky, B. E., Martău, G. A., Plamada, D., Pascuta, M. S., Nemeş, S.-A., Varvara, R.-A., & Vodnar, D. C. (2022). Natural polyphenol recovery from apple, cereal, and tomato-processing by-products and related health-promoting properties. *Molecules*, 27(22), Article 7977. <https://doi.org/10.3390/molecules27227977>
- Valková, V., Dúranová, H., Havrlentová, M., Ivanišová, E., Mezey, J., Tóthová, Z., Gabriny, L., & Kačániová, M. (2022). Selected physico-chemical, nutritional, antioxidant and sensory properties of wheat bread supplemented with apple pomace powder as a by-product from juice production. *Plants*, 11(9), Article 1256. <https://doi.org/10.3390/plants11091256>
- Vlad, C. C., Păcularu-Burada, B., Vasile, A. M., Milea, Ş. A., Bahrim, G. E., Răpeanu, G., & Stănciuc, N. (2022). Upgrading the functional potential of apple pomace in value-added ingredients with probiotics. *Antioxidants*, 11(10), Article 2028. <https://doi.org/10.3390/antiox11102028>
- Zlatanović, S., Kalušević, A., Micić, D., Laličić-Petronijević, J., Tomić, N., Ostojić, S., & Gorjanovi, S. (2019). Functionality and storability of cookies fortified at the industrial scale with up to 75 % of apple pomace flour produced by dehydration. *Foods*, 8(11), Article 561. <https://doi.org/10.3390/foods8110561>

REFERENCES

- Kovaleva, A. E., P'yanikova, E. A., & Tkacheva, E. D. (2020). Sovershenstvovanie retseptury i tekhnologii khleba pshenichnogo s ispol'zovaniem yablochnykh vyzhimok [Improving the recipe and technology of wheat bread using apple pomace]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, (2), 61–66. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-61-66>
- Perfilova, O. V. (2017). Yablochnye vyzhimki kak istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv v tekhnologii produktov pitaniya [Apple pomace as a source of biologically active substances in food technology]. *Novye tekhnologii [New Technologies]*, (4), 65–71.
- Prichko, T. G., & Droficheva, N. V. (2022). Razrabotka fruktovo-ovoshchnogo povidla s povyshennym sodержaniem biologicheskii aktivnykh veshchestv [Development of fruit and vegetable jam with a high content of biologically active substances]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya [News of Higher Educational Pishchevaya tekhnologiya]*

- Institutions. Food Technology*], (1), 25–28. <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.1.5>
- Prichko, T. G., Germanova, M. G., & Smelik, T. L. (2017). Konstruirovanie produktov pitaniya profilakticheskogo naznacheniya, korrektruyushchikh makro- i mikroelementnyi status pitaniya cheloveka [The design of preventive food products that correct the macro- and microelement status of human nutrition]. *Nauchnye trudy Gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk [Scientific Works of the State Scientific Institution of the North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences]*, (12), 169–173.
- Shakhrai, T. A., Viktorova, E. P., Velikanova, E. V., & Kornei, N. N. (2020). Sovremennye issledovaniya v oblasti polucheniya pishchevykh ingredientov iz vtorichnykh resursov pererabotki yablok [Modern research in the field of obtaining food ingredients from secondary apple processing resources]. *Novye tekhnologii [New Technologies]*, (3), 80–88. <http://doi.org/10.24411/2072-0920-2020-10309>
- Timakova, R. T. (2020). Otsenka kachestva pshenichnogo khleba, obogashchennogo natural'nym yablochnym syr'em [Evaluation of the quality of wheat bread enriched with natural apple raw materials]. *Nauchnyi zhurnal ITMO. Protssy i apparaty pishchevykh proizvodstv [ITMO Scientific Journal. Processes and Devices of Food Production]*, (2), 22–28. <http://doi.org/10.17586/2310-1164-2020-10-2-21-28>
- Volobueva, E. S., Aniskina, M. V., & Fedorenko, K. P. (2016). Tekhnologiya vyrabotki kormovoi dobavki iz yablochnykh vyzhimok [Technology for the production of feed additives from apple pomace]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal [Agricultural Journal]*, (1), 268–271.
- Angulo-López, J. E., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdes, J. A., Contreras Esquivel, J. C., Torres-León, C., Rúelas-Chácon, X., & Aguilar, C. N. (2023). Antioxidant dietary fiber sourced from agroindustrial byproducts and its applications. *Foods*, 12(1), Article 159. <http://doi.org/10.3390/foods12010159>
- Antonic, B., Jancikova, S., Dordevic, D., & Tremlova, B. (2020). Apple pomace as food fortification ingredient: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Food Science*, 85(10), 2977–2985. <http://doi.org/10.1111/1750-3841.15449>
- Calicet, C., Malaguti, M., Marracino, L., Barbalace, M. C., Rizzo, P., & Hrelia, S. (2022). Agri-food waste from apple, pear, and sugar beet as a source of protective bioactive molecules for endothelial dysfunction and its major complications. *Antioxidants*, 11(9), Article 1786. <http://doi.org/10.3390/antiox11091786>
- Choi, Y. S., Kim, Y. B., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, H. W., & Kim, C. J. (2016). Effect of apple pomace fiber and pork fat levels on quality characteristics of uncured, reduced-fat chicken sausages. *Poultry Science*, 95(6), 1465–1471. <http://doi.org/10.3382/ps/pew096>
- Erinle, T. J., & Adewole, D. I. (2022). Fruit pomaces — their nutrient and bioactive components, effects on growth and health of poultry species, and possible optimization techniques. *Animal Nutrition*, (9), 357–377. <http://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.011>
- Grispoldi, L., Ianni, F., Blasi, F., Pollini, L., Crotti, S., Cruciani, D., Cenci-Goga, B. T., & Cossignani, L. (2022). Apple pomace as valuable food ingredient for enhancing nutritional and antioxidant properties of italian salami. *Antioxidants*, 11(7), Article 1221. <https://doi.org/10.3390/antiox11071221>
- Pollini, L., Blasi, F., Ianni, F., Grispoldi, L., Moretti, S., Di Veroli, A., Cossignani, L., & Cenci-Goga, B. T. (2022). Ultrasound-assisted extraction and characterization of polyphenols from apple pomace, functional ingredients for beef burger fortification. *Molecules*, 27(6), Article 1933. <https://doi.org/10.3390/molecules27061933>
- Pollini, L., Cossignani, L., Juan, C., & Mañes, J. (2021). Extraction of phenolic compounds from fresh apple pomace by different non-conventional techniques. *Molecules*, 26(14), Article 4272. <https://doi.org/10.3390/molecules26144272>
- Popescu, L., Ceşco, T., Gurev, A., Ghendov-Mosanu, A., Sturza, R., & Tarna, R. (2022). Impact of apple pomace powder on the bioactivity, and the sensory and textural characteristics of yogurt. *Foods*, 11(22), Article 3565. <https://doi.org/10.3390/foods11223565>
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2023). Importance of insoluble-bound phenolics to the antioxidant potential is dictated by source material. *Antioxidants*, 12(1), Article 203. <https://doi.org/10.3390/antiox12010203>
- Skinner, R. C., Warren, D. C., Lateef, S. N., Benedito, V. A., & Tou, J. C. (2018a). Apple pomace consumption favorably alters hepatic lipid metabolism in young female Sprague-Dawley rats fed a western diet. *Nutrients*, 10(12), Article 1882. <https://doi.org/10.3390/nu10121882>
- Skinner, R. C., Gigliotti, J. C., Ku, K. M., & Tou, J. C. (2018b). A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutrition Reviews*, 76(12), 893–909. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy033>
- Szabo, K., Mítrea, L., Călinoiu, L. F., Teleky, B. E., Martău, G. A., Plamada, D., Pascuta, M. S., Nemeş, S.-A., Varvara, R.-A., & Vodnar, D. C. (2022). Natural polyphenol recovery from apple, cereal, and tomato-processing by-products and related health-promoting properties. *Molecules*, 27(22), Article 7977. <https://doi.org/10.3390/molecules27227977>
- Valková, V., Ďúranová, H., Havrlentová, M., Ivanišová, E., Mezey, J., Tóthová, Z., Gabríny, L., & Kačániová, M. (2022). Selected physico-chemical, nutritional, antioxidant and sensory properties of wheat bread supplemented with apple pomace powder as a by-product from juice production. *Plants*, 11(9), Article 1256. <https://doi.org/10.3390/plants11091256>
- Vlad, C. C., Păcularu-Burada, B., Vasile, A. M., Milea, Ş. A., Bahrim, G. E., Răpeanu, G., & Stănciuc, N. (2022). Upgrading the functional potential of apple pomace in value-added ingredients with probiotics. *Antioxidants*, 11(10), Article 2028. <https://doi.org/10.3390/antiox11102028>
- Zlatanović, S., Kalušević, A., Micić, D., Laličić-Petronijević, J., Tomić, N., Ostojić, S., & Gorjanovi, S. (2019). Functionality and storability of cookies fortified at the industrial scale with up to 75 % of apple pomace flour produced by dehydration. *Foods*, 8(11), Article 561. <https://doi.org/10.3390/foods8110561>