

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА ПОРОШКА КОЖУРЫ ГРАНАТА

И.С. Патракова, кандидат технических наук

Г.В. Гуринович, доктор технических наук

О.В. Салищева, доктор химических наук

М.В. Патшина, кандидат технических наук

К.А. Иванцова, студент

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

E-mail: tppgs@kemsu.ru

Ключевые слова: экстракт, порошок кожуры граната, антиоксидантная активность, фенольные соединения.

Реферат. Отечественные и зарубежные ученые ведут постоянную работу по поиску натуральных антиоксидантов, которые рассматриваются потребителями как более безопасные и полезные для здоровья. Различные растительные материалы, в том числе побочные продукты переработки фруктов и овощей, являются ценными природными источниками антиоксидантов. К таким соединениям относятся фенольные соединения, которые способны проявлять антиоксидантную активность в отношении свободных радикалов и тормозить развитие процессов окисления липидов и белков. Кожура граната, как побочный продукт переработки, также представляет собой источник полифенольных соединений, которые могут являться альтернативой синтетическим антиоксидантам. Нами проведены исследования по получению экстрактов из порошка кожуры граната и оценке их антиоксидантной активности. В качестве экстрагентов использовали 40%-й водный раствор этанола и дистиллированную воду. Идентификация соединений методом УФ-спектроскопии показала, что преобладающими компонентами в исследуемых экстрактах являются фенолы и фенольные кислоты, в том числе галловая, а также флавоноиды и дубильные вещества, такие как катехины и пуникалагин. Полученные экстракты проявляли высокую акцепторную активность в отношении DPPH• и ABTS•⁺ радикалов. При этом антиоксидантная активность спиртового экстракта в отношении DPPH• была на 3,6% выше, чем у водного экстракта. Активность экстракта порошка кожуры граната в отношении катион-радикала ABTS•⁺ не зависела от природы растворителя. Полученные экспериментальные данные позволяют рассматривать экстракты порошка кожуры граната в качестве альтернативы синтетическим антиоксидантам в технологии мяса и мясных продуктов.

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF POMEGRANATE PEEL POWDER EXTRACT

I.S. Patrakova, PhD in Technical Sciences

G.V. Gurinovich, Doctor of Technical Sciences

O.V. Salishcheva, Doctor of Chemical Sciences

M.V. Patshina, PhD in Technical Sciences

K.A. Ivantsova, Student

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

E-mail: tppgs@kemsu.ru

Keywords: extract, pomegranate peel powder, antioxidant activity, phenolic compounds.

Abstract. Domestic and foreign scientists are constantly working to find natural antioxidants that prove to consumers that they are safer and healthier. Various plant materials, including various processed fruits and vegetables, are valuable sources of antioxidants. These compounds include phenolic compounds, which can measure antioxidant activity against radicals and inhibit the oxidation of lipids and proteins. Leather ensures that the product's by-products also provide a source of polyphenolic compounds that may provide an alternative to synthetic antioxidants. We have researched obtaining extracts from powdered pomegranate casings and

assessing their antioxidant activity. A 40% aqueous ethanol and distilled water solution are used as extractants. Identification methods by UV spectroscopy have shown that the predominant components in certain extracts are phenols and phenolic acids, including gallic acid, as well as flavonoids and tannins, such as catechins and punicalagin. The obtained extracts showed scavenger activity towards DPPH• and ABTS•+ radicals. At the same time, the antioxidant activity of the alcoholic extract against DPPH• was 3.6% higher than that of the aqueous extract. The activity of pomegranate peel powder extract towards the ABTS•+ radical cation did not depend on the nature of the solvent. The experimental data obtained allow us to consider extracts of powdered pomegranate casings as alternatives to synthetic antioxidants in the technology of meat and meat products.

Мясо и мясные продукты, являясь источником белков, жиров, минеральных веществ и витаминов, составляют неотъемлемую часть рациона современного человека, несмотря на новые диетические тенденции, которые направлены на сокращение потребления мяса или полный отказ от него. Во всем мире развитие мясной промышленности происходит под влиянием географических, политических, экономических, религиозных факторов и потребительских предпочтений, при этом особое внимание уделяется обеспечению качества, безопасности и удлинению сроков хранения мяса и готовой продукции.

Второй по значимости причиной порчи мяса и мясных продуктов, после микробиальной, является окислительная порча. Окислению подвергаются, в первую очередь, липиды, в результате чего происходит ухудшение органолептических характеристик, снижение пищевой ценности продуктов. Наряду с жирами окислению подвержены и белки мяса. Окисление происходит в результате ковалентной модификации под прямым влиянием активных форм кислорода или реакции со вторичными продуктами окисления. Процесс окисления белков сопровождается их фрагментацией и агрегированием, что приводит к ухудшению функциональных свойств мяса, его качества и снижению пищевой и биологической ценности.

Кроме того, процесс окисления сопровождается образованием соединений, обладающих цитотоксическим, мутагенным и окислительным действием на клетки организма, провоцируя тем самым старение и развитие онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний [1].

Для предотвращения последствий окисления в технологии мясных продуктов широко используют антиоксиданты. Так, в качестве антиоксидантов используют производные фенола (бутилгидроксианизол (БОА) и бутилгидрокситолуол (БОТ)), эфиры галловой кислоты

(галлаты), аскорбиновую кислоту и ее соли. Антиокислительную активность, благодаря хелатирующей способности, проявляют традиционно используемые в мясной промышленности фосфатные препараты. Все перечисленные синтетические антиоксиданты безопасны для человека при их использовании в соответствии с действующими законодательными нормами. Вместе с тем осведомленность потребителей о возможных аллергических реакциях, потенциальном канцерогенном действии, нарушении обменных процессов у детей и беременных женщин при длительном использовании синтетических антиоксидантов увеличивает спрос на натуральные соединения, которые обладают антиоксидантным действием. Кроме того, использование натуральных антиоксидантов позволяет производителям удовлетворять потребности потребителей в продуктах с «чистой» этикеткой, состоящих из натуральных ингредиентов [2, 3].

Природные антиоксиданты из растений можно разделить на три основных класса: фенольные соединения, витамины и каротиноиды. Фенольные соединения демонстрируют большое разнообразие структур: от соединений с одним ароматическим кольцом, например, феруловой кислоты, ванилина, галловой кислоты и цеиновой кислоты, до полициклических соединений полифенолов, таких как дубильные вещества и флавоноиды. Некоторые фенольные соединения помимо того, что являются соединениями с антиоксидантной активностью, проявляют противомикробную и противогрибковую активность и оказывают важное влияние на вкус и консистенцию пищевых продуктов. Среди витаминов наиболее важными являются витамины Е и С. Большинство каротиноидов (каротин, β -каротин, ликопин и лютеин) также являются соединениями с антиоксидантной активностью [3, 4].

Большинство природных антиоксидантов получают из растительных материалов, таких

как фрукты, овощи, травы и специи. В качестве источников природных антиоксидантов широко используются розмарин, орегано, тимьян, майоран, шалфей, базилик, пажитник, фенхель, кориандр и душистый перец, как в виде растительного сырья, так и в виде эфирных масел [3–5].

При переработке фруктов, овощей и бобовых образуется большое количество побочных продуктов переработки, таких как кожура, сердцевина, семена, листья, которые могут быть использованы как источники полифенолов, антоцианов, катехинов, фенольных кислот, обладающих антиоксидантным действием. При этом следует принимать во внимание тот факт, что содержание активных компонентов в несъедобных частях часто более высокое, чем в съедобных [3, 6].

Так исследования A.I. Andrés и др. [7, 8] показали, что экстракты из томатного жмыха (смесь кожуры, сердцевины и измельченных семян), жмыха красного винограда и оливок проявляют антиоксидантную активность в отношении липидов и белков при хранении охлажденной баранины в течение 7 суток. Кроме этого, использование экстрактов для поверхностной обработки баранины способствовало снижению уровня микробной обсемененности сырья. Аналогичные зависимости получены в отношении экстракта зеленого чая, богатого катехином, мирицетином, кверцетином и кемпферолом. Поверхностная обработка экстрактом зеленого чая отбивных из баранины стабилизировала цветовые характеристики охлажденных полуфабрикатов, снижая при этом количество метмиоглобина и ингибируя процессы окисления липидов [9]. Экспериментально доказана антиоксидантная активность экстрактов из виноградных косточек, виноградного и апельсинового жмыха, порошка брокколи при их использовании в технологии мясных полуфабрикатов [10]. Использование таких пищевых отходов позволило бы сократить количество побочного сырья и расширить число источников растительных натуральных антиоксидантов, которые могут быть использованы при производстве пищевых продуктов, в том числе мясных.

К фруктам, богатым антиоксидантами, которые содержатся как в съедобных, так и несъедобных частях, относится гранат. Грана-

ты в основном перерабатываются в пищевой промышленности для получения соков или джемов из плодов, а кожура, составляющая около 50% массы свежих фруктов, является отходом. Известно, что кожура граната характеризуется более высоким содержанием пищевых волокон и полифенолов, обладающих антиоксидантным действием, по сравнению с мякотью плода, что позволяет рассматривать её как источник получения экстрактов, в том числе для пищевой промышленности [11].

Целью данного исследования являлось изучение состава и антиоксидантной активности экстракта порошка кожуры граната в зависимости от вида экстрагента для получения экспериментальных доказательств их антиоксидантной активности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись водный и водно-спиртовой экстракты порошка кожуры граната.

Гранаты были куплены в торговых сетях г. Кемерово в декабре 2022 г. – январе 2023 г. Кожуру граната сушили на воздухе при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 7 дней и измельчали до получения порошка. Полученный растительный материал до получения экстракта хранили в сухом месте.

Для приготовления экстракта 1 г порошка смешивали с 20 мл растворителя. В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду и 40%-й водный раствор этанола. Экстракцию проводили при температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 24 ч при постоянном перемешивании растворов на магнитной мешалке. После этого экстракционную смесь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин. После центрифугирования экстракт отделяли и растворитель выпаривали при температуре, эквивалентной температуре кипения растворителя, до уменьшения объема экстракта вдвое. Готовые экстракты собирали в стеклянные колбы с притертой крышкой и хранили при температуре $0-4^\circ\text{C}$ и использовали для анализа состава и антиоксидантной активности.

Определение качественного состава экстрактов и идентификацию классов соединений выполняли методом УФ-спектроскопии на спек-

трофотометре СФ-2000 (производитель ОКБ «Спектр», Россия) при длине волны 200–900 нм с использованием кюветы толщиной слоя 1 см при разведении экстракта соответствующим растворителем в соотношении 1 : 600. УФ-спектр представляет собой график и записывается в виде зависимости интенсивности поглощения от длины волны. Возникновение УФ-спектра связано с поглощением света органическими соединениями в ближней (200–400 нм) и видимой (400–800 нм) областях [12, 13].

Антиоксидантную активность с помощью DPPH–радикалов определяли по методу Хао [14].

Анализ стабильного 1,1-дифенил-2-пикрил-гидразил-радикала (DPPH) использован для оценки способности антиоксидантов поглощать стабильный радикал DPPH•. В случае проявления антиоксидантной способности экстракта при взаимодействии исследуемых веществ с DPPH наблюдается снижение содержания свободных радикалов DPPH• в системе.

Исследуемые образцы смешивали с 0,05 моль/л (рН 7,4) трис-HCl-буфера и 0,15 ммоль/л рабочего раствора DPPH. Смесь перемешивали и оставляли на 30 мин в темноте. Поглощение для образцов ($Abs_{об}$) регистрировали при 517 нм с использованием устройства для считывания микропланшетов (многорежимный ридер GloMax Multi, производитель Promega, США). Поглощение контроля (K1) было получено путем замены образца этанолом (96% об.). В качестве другого контроля (K2) брали величину поглощения реактива DPPH в отсутствие образца.

Активность по удалению радикалов в процентах (% АОА) рассчитывали по формуле

$$AOA = \left(\frac{Abs_{K2} - Abs_{об}}{Abs_{K2} - Abs_{K1}} \right) \times 100 \%$$

Определение антиоксидантной активности с помощью ABTS проводили по методу Re [15].

Тест на обесцвечивание катион-радикалов ABTS•⁺ (2,2'-азинобис(3-этилбензотиазолин-6-сульфокислота) диаммониевая соль) широко применяется для оценки антиоксидантной активности различных веществ. Исходный раствор ABTS с концентрацией 140 ммоль/л разбавляли водой до концентрации 14 ммоль/л. Образец смешивали с раствором ABTS. Смесь

тщательно перемешивали и оставляли на 30 мин в темном месте при комнатной температуре. По истечении времени определяли оптическую плотность полученного раствора образца ($Abs_{об}$) при длине волны 574 нм на спектрофотометре UV 1800 Shimadzu (Япония) в кюветах толщиной 1 мм. В качестве контроля для определения антиоксидантной активности послужил раствор реактива ABTS (Abs_K).

Активность по удалению радикалов в процентах игрибирования (% АОА) рассчитывали по формуле

$$AOA = \frac{(Abs_K - Abs_{об})}{Abs_K} \times 100 \%$$

Все определения проводили в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным, в составе кожуры граната потенциальным антиоксидантным действием обладают фенольные соединения, такие как фенольные кислоты, флавоноиды (флаваноны, флавоны, флавонолы, ауруны и др.), которые отличаются по своим спектральным характеристикам [16].

Для идентификации состава экстрактов порошка кожуры граната были получены спектры поглощения в диапазоне длин волн от 200 нм до 900 нм, представленные на рисунке.

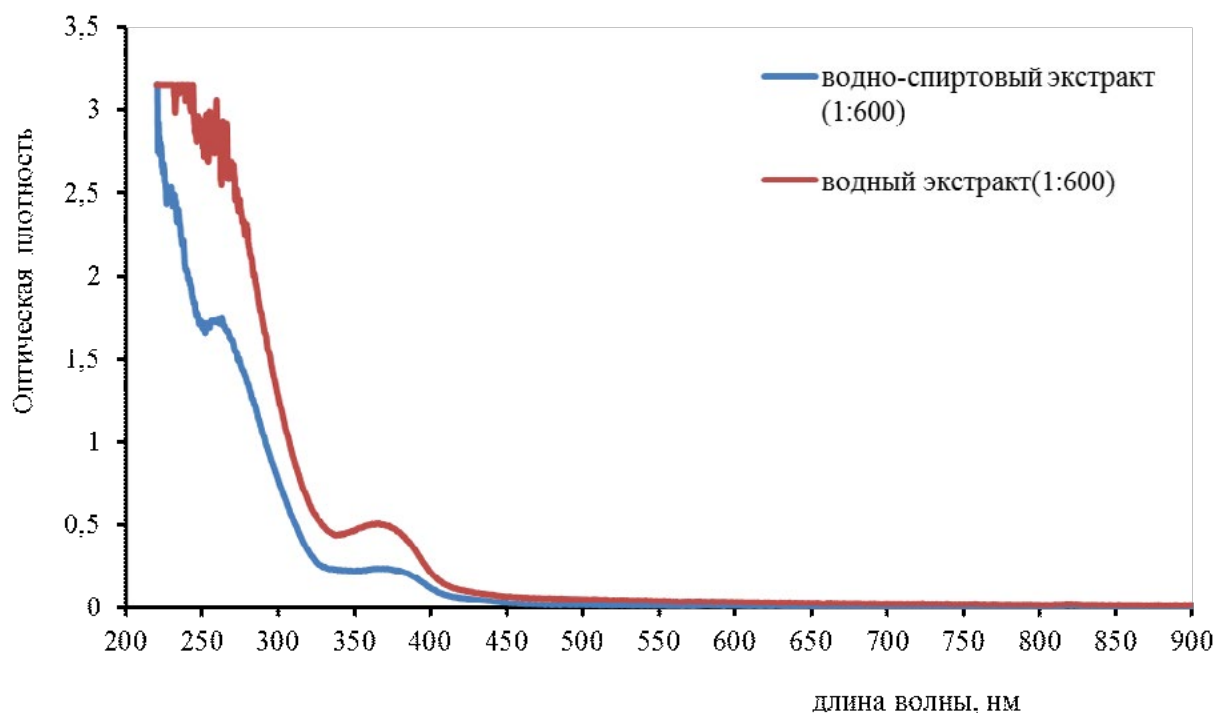
Согласно УФ-спектрам (см. рисунок, а) исследуемые экстракты поглощают свет в области спектра 200–400 нм, что свидетельствует о наличии в их составе фенольных соединений.

Для оценки качественного состава фенольных соединений были получены УФ-спектры в диапазоне 200–400 нм (см. рисунок, б), которые позволили выявить два выраженных пика при $\lambda_{max} = 230\text{--}240$ нм и $\lambda_{max} = 260$ нм, а также менее выраженную, но достаточно широкую полосу в диапазоне $\lambda_{max} = 320\text{--}380$ нм.

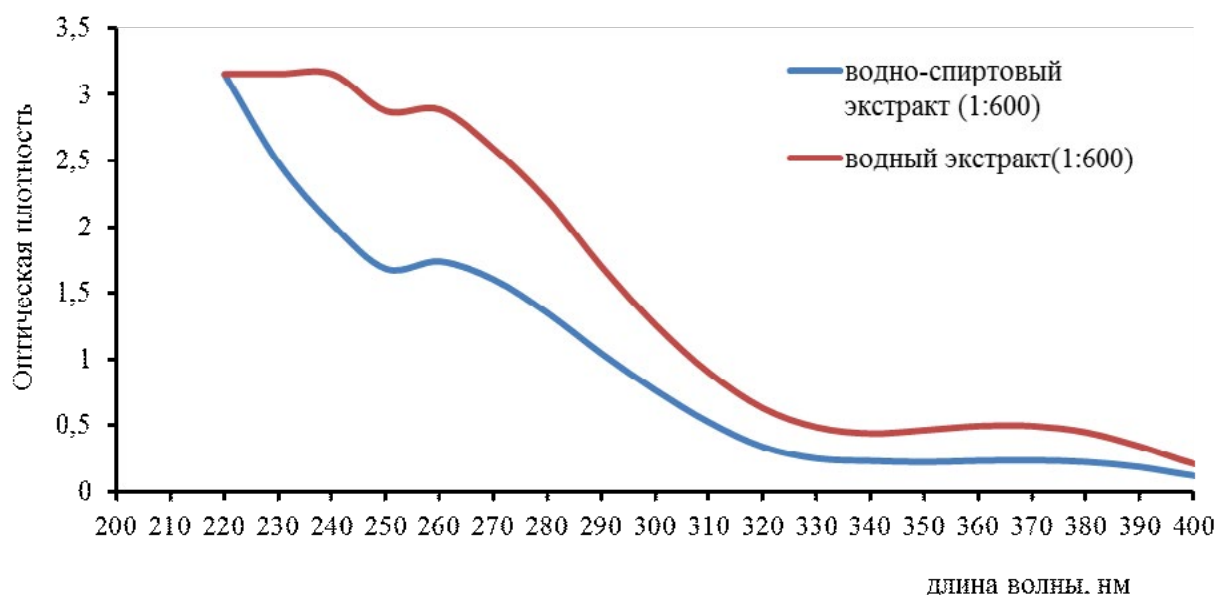
Наличие пика при $\lambda_{max} = 260$ нм свидетельствует о присутствии в составе экстрактов фенолов и фенольных кислот, а именно галловой кислоты ($\lambda_{max} = 266$ нм). Этот максимум характерен для конденсированных дубильных веществ – катехинов ($\lambda_{max} = 265$ нм) и полифенольного гидролизующего дубильного вещества пуникалагина ($\lambda_{max} = 258$ нм). Кроме

того, диапазон $\lambda_{\max} = 200\text{--}240$ нм характерен для фенольных кислот с боковой цепью в пара-положении или с насыщенными пара-заместителями. Наличие пиков при $\lambda_{\max} = 240$ нм и $\lambda_{\max} = 260$ нм свидетельствует о присутствии в составе экстрактов флавоноидов.

Широкая полоса в диапазоне 350–380 нм более выражена для водного экстракта. Она характерна для флавонолов, проантоцианидина и конденсированных дубильных веществ, эффективно извлекаемых с помощью водной и водно-спиртовой экстракции [13, 17, 18].



а) диапазон длин волн 200–900 нм
wavelength 200–900 nm



б) диапазон длин волн 200–400 нм
wavelength range 200–400 nm

УФ-спектры поглощения водных и спиртовых экстрактов порошка кожуры граната
UV absorption spectra of aqueous and alcoholic extracts of pomegranate peel powder

Практически полная идентичность кривых поглощения водного и спиртового экстракта свидетельствует о том, что вид экстрагента не оказал существенного влияния на качественный состав экстракта.

На антиоксидантную активность растительных экстрактов влияет метод экстракции и вид используемого растворителя. Результаты определения антиоксидантной активности исследуемых экстрактов представлены в таблице.

Антиоксидантная активность экстрактов порошка кожуры граната
Antioxidant Activity of Pomegranate Peel Powder Extracts

Вид экстракта	Антиоксидантная активность (AOA), %	
	AOA DPPH	AOA ABTS
Водный экстракт	85,66 ± 0,24	91,24 ± 0,67
Водно-спиртовой экстракт	88,76 ± 0,52	91,76 ± 0,43

Все исследуемые образцы проявляли акцепторную активность в отношении стабильных радикалов DPPH• и ABTS•⁺. При этом антиоксидантная активность водно-спиртового экстракта выше, чем водного, на 3,6% и составила 88,76% в отношении радикалов DPPH•. Полученные данные означают, что в водно-спиртовом экстракте содержится большее количество фенольных соединений, способных ингибировать свободные радикалы DPPH•.

Исследуемые экстракты обладают высокой способностью поглощать свободные катион-радикалы ABTS•⁺. Согласно экспериментальным данным, она не зависит от природы растворителя, используемого для экстракции.

Высокий антиоксидантный эффект обусловлен главным образом активностью фенольных соединений, содержащихся в исследуемых экстрактах, по удалению свободных радикалов. Присутствие фенольных соединений подтверждено УФ-спектроскопией. Антиоксидантная активность фенольных соединений обусловлена, прежде всего, их окислительно-восстановительными свойствами, а именно, способностью адсорбировать и нейтрализовать свободные радикалы, тушить синглетный и триплетный кислород и разрушать пероксиды [19].

Результаты показали, что исследуемые экстракты порошка кожуры граната характеризуются высокой антиоксидантной активностью. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о перспективности дальнейших исследований, направленных на оценку влияния экстрактов порошка кожуры граната на интенсивность протекания окислительных процессов в мясном сырье и готовых продуктах с высоким содержанием жира.

ВЫВОДЫ

1. Использование УФ-спектроскопии позволило идентифицировать состав водного и водно-спиртового экстракта порошка кожуры граната. Установлено, что исследуемые экстракты являются источником фенольных соединений, в том числе фенолов, фенольных кислот, флавонолов и проантоцианидина.
2. Антиоксидантная активность водно-спиртового экстракта порошка кожуры граната в отношении стабильного радикала DPPH• на 3,6% выше, чем водного экстракта.
3. Экстракты проявляют высокую антиоксидантную активность в отношении свободных катион-радикалов ABTS•⁺, которая не зависит от природы экстрагента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products* / R. Domínguez, M. Pateiro, M. Gagaoua [et al.] // *Antioxidants*. – 2019. – Vol. 8 (10). – P. 429. – DOI: 10.3390/antiox8100429.
2. *Alternative to Artificial Preservatives* / Kamala Kumari P.V., Akhila S., Srinivasa R.Y. [et al.] // *Systematic Reviews in Pharmacy*. – 2019. – Vol. 10 (1). – P. 99–102. – DOI: 10.5530/srp.2020.1.01.

3. Lourenço S.C, Moldão-Martins M., Alves V.D. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24. – P. 4132. – doi.org/10.3390/molecules24224132.
4. Natural polyphenols: An overview / M. Abbas, F. Saeed, F.M. Anjum [et al.] // *Int. J. Food Prop.* – 2017. – Vol. 20. – P. 1689–1699. – https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393.
5. Мышалова О.М. Изучение антиоксидантной активности эфирных масел при изготовлении копченых колбас из мяса маралов // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – № 46 (3). – С. 67–73. – DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-67-73.
6. Ready-to-use green polyphenolic extracts from food by-products / M. Panić, M. Radić Stojković, K. Kraljić [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 283. – P. 628–636. – https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.061.
7. Effect of Tomato Pomace Extracts on the Shelf-Life of Modified Atmosphere-Packaged Lamb / A.I. Andres, M.J. Petron, J. Delgado-Adamez [et al.] // *Meat. Journal of Food Processing and Preservation*. – 2017. – Vol. 41. – P. e13018. – https://doi.org/10.1111/jfpp.13018.
8. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties / A.I. Andrés, M.J. Petron, J.D. Adámez [et al.] // *Meat Science*. – 2017. – Vol. 129. – P. 62–70. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.013.
9. Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions / M. Bellés, V. Alonso, P. Roncalés [et al.] // *Meat Science*. – 2017. – Vol. 129. – P. 153–160. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.003.
10. Biopreservative efficacy of grape (*Vitis vinifera*) and clementine mandarin orange (*Citrus reticulata*) by-product extracts in raw ground beef patties / T. Bambeni, T. Tayengwa, O.C. Chikwanha [et al.] // *Meat Sci.* – 2021. – Vol. 181. – P. 108609. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108609.
11. Pomegranate Peel Extract as an Inhibitor of SARS-CoV-2 Spike Binding to Human ACE2 Receptor (in vitro): A Promising Source of Novel Antiviral Drugs / A. Tito, A. Colantuono, L. Pirone [et al.] // *Front. Chem.* – 2021. – Vol. 9. – P. 638187. – https://doi.org/10.3389/fchem.2021.638187.
12. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts / A. Altemimi, N. Lakhssassi, A. Baharlouei [et al.] // *Plants*. – 2017. – Vol. 6 (4). – P. 42. – https://doi.org/10.3390/plants6040042.
13. Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. – М.: Мир, 1977. – 240 с.
14. Jing H., Kitts D. Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. – 2004. – Vol. 429 (2). – P. 154–163. – https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.06.019.
15. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente [et al.] // *Free radical biology and medicine*. – 1999. – Vol. 26 (9–10). – P. 1231–1237. – https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
16. Primary metabolites, anthocyanins and hydrolyzable tannins in the pomegranate fruit / I. Bar-Ya'Akov, L.Tian, R. Amir [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – P. 620. – https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620.
17. Соловьева Н.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Спектроскопическое определение содержания фенольных соединений в растениях, подверженных антропогенному влиянию // *Вестник Тверского государственного университета. серия: Химия*. – 2019. – № 2 (36). – С. 95–106. – DOI: 10.26456/vtchem2019.2.6.
18. Determination of Ellagic Acid, Punicalagin, and Castalagin from Terminalia ferdinandiana (Kakadu plum) by a Validated UHPLC-PDA-MS/MS Methodology / A. Saleha, H. Hung, N. Michael [et al.] // *Food Analytical Methods*. – 2021. – Vol. 4 (2). – P. 2534–2544. – DOI: 10.1007/s12161-021-02063-8.
19. Asadujjaman Md., Hossain Md.A., Karmakar U.K. Assessment of DPPH free radical scavenging activity of some medicinal plants // *Pharmacologyonline*. – 2013. – Vol. 1. – P. 161–165 https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2013/vol1/PhOL_2013_1_A022_041_Asadu.pdf.

REFERENCES

1. Domínguez R., Pateiro M., Gagaoua M. et al., A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products, *Antioxidants*, 2019, Vol. 8 (10), pp. 429, doi: 10.3390/antiox8100429.

2. Kamala Kumari P.V, Akhila S., Srinivasa R.Y. et al., Alternative to Artificial Preservatives, *Systematic Reviews in Pharmacy*, 2019, Vol. 10 (1), pp. 99–102, doi: 10.5530/srp.2020.1.01.
3. Lourenço S.C, Moldão-Martins M., Alves V.D., Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications, *Molecules*, 2019, Vol. 24, pp. 4132, doi.org/10.3390/molecules24224132.
4. Abbas M., Saeed F., Anjum F.M. et al., Natural polyphenols: An overview, *Int. J. Food Prop.*, 2017, Vol. 20, pp. 1689–1699, <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393>.
5. Myshalova O.M., *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2017, No 46 (3), pp. 67–73, DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-67-73. (In Russ.)
6. Panić M., Radić Stojković M., Kraljić K. et al., Ready-to-use green polyphenolic extracts from food by-products, *Food Chemistry*, 2019, Vol. 283, pp. 628–636, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.061>.
7. Andres A.I., Petron M.J., Delgado-Adamez J. et al., Effect of Tomato Pomace Extracts on the Shelf-Life of Modified Atmosphere-Packaged Lamb, *Meat. Journal of Food Processing and Preservation*, 2017, Vol. 41, pp. e13018, <https://doi.org/10.1111/jfpp.13018>.
8. Andrés A.I., Petró M.J., Adámez J.D. et al., Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties, *Meat Science*, 2017, Vol. 129, pp. 62–70, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.013>.
9. Bellés M., Alonso V., Roncalés P. et al., Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions, *Meat Science*, 2017, Vol. 129, pp. 153–160, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.003>.
10. Bambeni T., Tayengwa T., Chikwanha O.C. et al., Biopreservative efficacy of grape (*Vitis vinifera*) and clementine mandarin orange (*Citrus reticulata*) by-product extracts in raw ground beef patties, *Meat Sci.*, 2021, Vol. 181, pp. 108609, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108609>.
11. Tito A., Colantuono A., Pirone L. et al., Pomegranate Peel Extract as an Inhibitor of SARS-CoV-2 Spike Binding to Human ACE2 Receptor (in vitro): A Promising Source of Novel Antiviral Drugs, *Front. Chem.*, 2021, Vol. 9, pp. 638187, <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.638187>.
12. Altemimi A., Lakhssassi N., Baharlouei A. et al., Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts, *Plants*, 2017, Vol. 6 (4), pp. 42, <https://doi.org/10.3390/plants6040042>.
13. Blazhei A., Shutyi L., *Fenol'nye soedineniya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* (Phenolic compounds of plant origin), Moscow: Mir, 1977, 240 p.
14. Jing H., Kitts D., Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2004, Vol. 429 (2), pp. 154–163, <https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.06.019>.
15. Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free radical biology and medicine*, 1999, Vol. 26 (9–10), pp. 1231–1237, [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
16. Bar-Ya'akov I., Tian L., Amir R., et al., Primary metabolites, anthocyanins and hydrolyzable tannins in the pomegranate fruit, *Frontiers in Plant Science*, 2019, Vol. 10, pp. 620, <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620>.
17. Solov'eva N.A., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M., *Vestnik tverskogo gosudarstvennogo universiteta. seriya: Khimiya*, 2019, No. 2 (36), pp. 95–106, DOI: 10.26456/vtchem2019.2.6.
18. Saleha A., Hung H., Michael N. et al., Determination of Ellagic Acid, Punicalagin, and Castalagin from Terminalia ferdinandiana (Kakadu plum) by a Validated UHPLC-PDA-MS/MS Methodology, *Food Analytical Methods*, 2021, Vol. 4 (2), pp. 2534–2544, DOI: 10.1007/s12161-021-02063-8.
19. Asadujjaman Md., Hossain Md.A., Karmakar U.K., Assessment of DPPH free radical scavenging activity of some medicinal plants, *Pharmacologyonline*, 2013. Vol. 1, P. 161–165, https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2013/vol1/PhOL_2013_1_A022_041_Asadu.pdf.