

<https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s179>

УДК 664

Использование фитоэкстрактов для снижения окислительного стресса липидных фракций животного происхождения

С. Н. Кидяев, Е. В. Литвинова, В. Л. Лапшина, И. А. Кашеварова

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

Корреспонденция:

Лапшина Виктория Леонидовна,
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Россия, г. Москва,
Волоколамское шоссе, 11
E-mail: lapshinavl@mgupp.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 19.09.2023

Поступила после
рецензирования: 24.11.2023

Принята: 05.12.2023

Copyright: © 2023 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Лекарственное сырье имеет богатый химический состав и обладает бактерицидным действием. Эффективность действия растительных экстрактов в отношении окислительного стресса определяется особенностями химической структуры и концентрацией биологически активных веществ.

Цель. Целью научного исследования являлось создание комплексного фитопрепарата для снижения окислительного стресса липидной системы (шпик свиной) в процессе хранения. В ходе эксперимента были разработаны способы получения фитоэкстрактов из 4 растительных объектов (кумин, гвоздика, можжевельник, имбирь).

Материалы и методы. Антиоксидантную активность полученных фитоэкстрактов и поликомпонентных смесей из экстрактов растений исследовали несколькими методами. Были использованы данные о различиях в механизмах действия антиоксидантов прямого воздействия в качестве рабочей гипотезы. Антиоксидантная активность определялась путем изучения влияния экстрактов на скорость окисления свиного шпика

Результаты. Результаты исследований показали, что наиболее высокую антиоксидантную активность имеет экстракт гвоздики, а смесь экстрактов (кумин-гвоздика и можжевельник-гвоздика) демонстрирует синергетический эффект на свином шпике. Научно обосновано, что антиоксиданты с разными механизмами действия могут быть значительно эффективнее, чем отдельные антиоксиданты, что имеет важное значение для разработки антиоксидантных комплексов.

Выводы. Было установлено, что для каждой поликомпонентной смеси зависимость от скорости накопления продуктов окисления уникальна, и существует оптимальная концентрация, обеспечивающая максимальную антиоксидантную активность.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

БАВ; фитоэкстракты; антиоксиданты; антиоксидантная активность; окислительный стресс; мясные продукты.



Для цитирования: Кидяев, С. Н., Литвинова, Е. В., Лапшина, В. Л., & Кашеварова, И. А. (2023). Использование фитоэкстрактов для снижения окислительного стресса липидных фракций животного происхождения. *Health, Food & Biotechnology*, 5(3), 12–21. <https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s179>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s179>

The Use of Phytoextracts to Reduce Oxidative Stress of Lipid Fractions of Animal Origin

Sergey N. Kidyaev, Elena V. Litvinova, Viktoria L. Lapshina, Irina A. Kashevarova

Russian Biotechnological University
(BIOTECH University), Moscow, Russia

Correspondence:

Viktoria L. Lapshina,

Russian Biotechnological University, 1
1, Volokolamskoe highway, Moscow,
125080, Russia

E-mail: lapshinavl@mgupp.ru

Declaration of competing interest:

none declared.

Received: 19.09.2023

Received in revised form: 24.11.2023

Accepted: 05.12.2023

Copyright: © 2023 The Authors

ABSTRACT

Introduction. Medicinal raw materials have a rich chemical composition and bactericidal effect. The effectiveness of plant extracts against oxidative stress is determined by the characteristics of the chemical structure and the concentration of biologically active substances.

Purpose. The purpose of the scientific research was to create a complex herbal medicine to reduce oxidative stress of the lipid system (pork fat) during storage. During the experiment, methods for obtaining phytoextracts from 4 plant objects (cumin, cloves, juniper, ginger) were developed. As a working hypothesis, data on differences in the mechanisms of direct antioxidant action were used. Antioxidant activity was determined by studying the effect of extracts on the rate of oxidation of pork fat.

Materials and Methods. The antioxidant activity of the obtained phytoextracts and polycomponent mixtures from plant extracts was studied by several methods.

Results. Research results have shown that clove extract has the highest antioxidant activity, and a mixture of extracts (cumin-clove and juniper-clove) demonstrates a synergistic effect on pork lard. It is scientifically proven that antioxidants with different mechanisms of action can be significantly more effective than individual antioxidants, which is important for the development of antioxidant complexes.

Conclusions. It was found that for each multicomponent mixture the dependence on the rate of accumulation of oxidation products is unique, and there is an optimal concentration that provides maximum antioxidant activity.

KEYWORDS

bioactive compounds; phytoextracts; antioxidants; antioxidant activity; oxidative stress; meat products



To cite: Kidyaev, S. N., Litvinova, E. V., Lapshina, V. L., & Kashevarova, I. A. (2023). The use of phytoextracts to reduce oxidative stress of lipid fractions of animal origin. *Health, Food & Biotechnology*, 5(3), 12–21. <https://doi.org/10.36107/hfb.2023.i3.s179>

ВВЕДЕНИЕ

В области здорового питания населения Российской Федерации особая роль отводится созданию качественно новых пищевых продуктов, обогащенных функциональными ингредиентами: биологически активными веществами, способными повышать защитные функции организма, снижать риск развития алиментарно-зависимых заболеваний (Ковалева, 2016). Одним из приоритетных направлений в создании обогащенных мясных изделий является использование фитокомпонентов, содержащего целый ряд биологически активных соединений, обладающих антимикробными и антиоксидантными свойствами, а также имеющих широкую распространенность и экономическую доступность (Афанасьева, 2017; Баженова, 2020). В условиях глобального загрязнения окружающей среды и стрессов из-за различных негативных воздействий, изменение структуры питания населения и, использование биологически активных компонентов природного сырья в производстве мясных изделий позволит снизить последствия внешнего влияния на организм человека, повысить иммунитет и придать продуктам антиоксидантные свойства (Ковалева, 2016; Патракова, 2021).

В борьбе с окислительным стрессом пищевых продуктов перспективным способом является использование природных антиоксидантов — веществ, способных прерывать реакции образования пероксидов. Попадая в организм и используя различные механизмы эти вещества, снижают губительное воздействие кислорода (Икрами, 2020; Савельева, 2017; Хамидова, 2021).

В существующих реалиях развития индустрии пищевых продуктов, ориентируясь на принципы общей химии, известны различные механизмы действия антиоксидантов: реакция переноса электрона от антиокислителя к субстрату; реакция переноса атома водорода от антиокислителя к субстрату, которую в водных средах можно рассматривать как перенос протона, сопровождающийся переносом электрона; реакция переноса одной или нескольких пар электронов с образованием ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму. Представленные сведения позволяют сделать вывод о необходимости комплексного подхода к изучению антиоксидантных свойств, в частности, использования нескольких методов для определения антиокислительных свойств компонентов.

Целью данного исследования являлось создание поликомпонентного фитопрепарата, способствующего снижению окислительного стресса липидной системы в процессе хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для приготовления экстрактов из можжевельника (сушеные ягоды), гвоздики (сушеные бутоны тропического гвоздичного дерева из рода Сизигиум) и кумина (сушеные семена зиры) была разработана следующая технология:

Навеску измельченных ингредиентов в количестве 10 г закладывали в коническую колбу вместимостью 500 мл. Затем в колбу вносили 200 мл охлажденной дистиллированной воды. Полученные растворы кипятили на водяной бане в течение 15 мин. Полученный отвар охлаждали при комнатной температуре около 45 мин и проводили фильтрацию через бумажный складчатый фильтр. Объем раствора доводили водой до 200 мл. Приготовленный экстракт имел концентрацию 5 % сухих веществ.

Экстракт гвоздики

Водный экстракт гвоздики содержал большое количество эфирных масел, обладающих антиоксидантной активностью (Лесовская, 2021). Также в составе присутствовал эвгенол, способный препятствовать реакциям окисления как в пищевых продуктах, так и в организме человека (Кароматов, 2021; Самусенко, 2014).

Экстракт можжевельника

Водный экстракт можжевельника обладал антирадикальной активностью благодаря наличию таких веществ как терпинеол, бисаболен и пинен. Помимо способности снижать скорость окислительных реакций добавление экстракта можжевельника способствует повышению функционально-технологических свойств пищевой системы (Гизингер, 2021; Тридворнов, 2019).

Экстракт кумина

Водный экстракт кумина содержал флавоноиды, изофлавоноиды, пинен, цинеол, терпены и линалоолы, которые являются антиоксидантами (Багавиева, 2020).

Приготовление экстракта имбиря

Навеску измельченного сушеного корня растения массой 10 г закладывали коническую колбу вместимостью 500 мл. Затем вносили водно-спиртовой раствор (гидромодуль 2 : 1 спирт 40 %) и выдерживали в течение 2 ч при постоянном перемешивании (Позднякова, 2021). Спирт отделяли методом экстракции. Полученный экстракт охлаждали при температуре 20 ± 2 °C около 45 мин

и фильтровали через бумажный складчатый фильтр. Объем раствора доводили водой до 200 мл. Поскольку, в корне имбиря содержится смолистое вещество — гингерол, основными составляющими которого являются α - и β -цингиберены, придающий ему особый аромат, была использована водно-спиртовая смесь для отделения смолистой составляющей экстракта.

Экстракт имбиря

Водно-спиртовой экстракт имбиря является источником олеорезина — натурального вещества с антиоксидантными свойствами. Помимо олеорезина в имбире содержались монотерпеновые углеводороды, спирты, цитраль и сесквитерпены (Гордынец, 2017).

Определения антиоксидантной активности разработанных фитоэкстрактов осуществляли на свином шпике с использованием метода кулонометрического титрования электрогенерированным бромом с помощью кулонометра «Эксперт-006» (НПК ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва). Электрохимическое окисление бромид-ионов на платиновом электроде в кислых средах может приводить к образованию Br^{3-} , Br_2 , а также короткоживущих радикалов брома ($\text{Br}\cdot$), адсорбированных на поверхности платинового электрода. Соединения брома вступают в радикальные и окислительно-восстановительные реакции, а также реакции электрофильного замещения и присоединения по кратным связям, что позволяет использовать бром как универсальный реагент для оценки антиоксидантной активности препаратов. Конечная точка титрования определяется амперометрически с двумя поляризованными платиновыми электродами ($\Delta E = 200 \text{ мВ}$).

Для сравнительной оценки и валидации результатов также антиоксидантную активность определяли с помощью фотоколориметрического метода, который позволяет определить исследуемый показатель по проценту ингибирования радикала ДФПГ (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила). Кислотное число определяли по ГОСТ Р 50457–92, перекисное число по ГОСТ ISO 3960–2020, тиобарбитуровое число по ГОСТ Р 55810–2013.

Полученные результаты обрабатывали, используя общепринятые методы вариационной статистики. Различия показателей считали достоверными при значениях достоверного интервала $\geq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения эксперимента были разработаны технологии получения фитоэкстрактов четырех растений: можжевельника, гвоздики, имбиря и кумина.

Результаты определения антиоксидантной активности полученных экстрактов представлены на Рисунках 1–2.

Проведенные исследования показали, что экстракт гвоздики обладает наибольшей антиоксидантной активностью, составляющей 84,7 %. В этом экстракте было обнаружено общее содержание антиоксидантов в количестве 853,14 мкг / мл. С помощью программы Microsoft Excel был проведен корреляционный анализ между двумя наборами данных и рассчитан коэффициент корреляции, равный 0,7904. Это указывает на то, что два использованных в работе метода опре-

Рисунок 1

Антиоксидантная активность экстрактов кулонометрическим методом

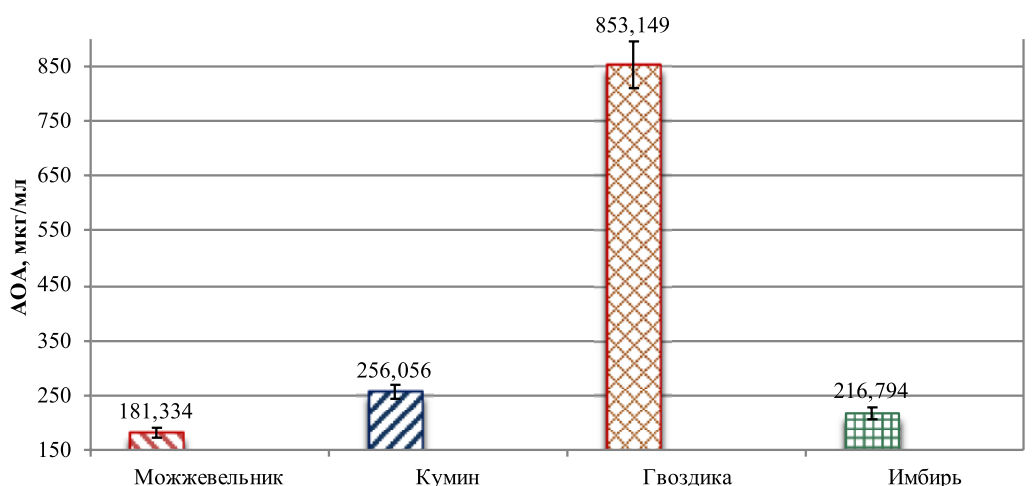
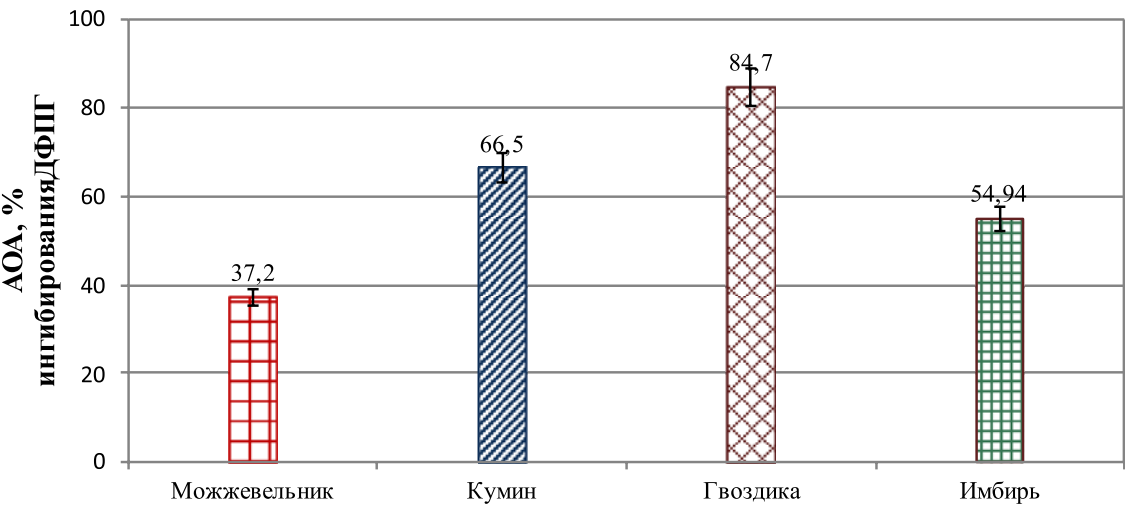


Рисунок 2
Антиоксидантная активность экстрактов фотоколориметрическим методом



деления антиоксидантной активности фитоэкстрактов демонстрируют высокую корреляцию между полученными данными.

Антиоксидантная активность в растительных тканях обусловлена наличием природных соединений, таких как биофлавоноиды, оксикислоты и витамины: С, Е, β-каротин и селен. Многие витамины, аминокислоты и микроэлементы обладают антиоксидантными свойствами, будь то непосредственно или косвенно, являясь частями антиоксидантных ферментов. Интересно, что мы обнаружили около 5000 фенольных антиоксидантных соединений с разнообразными полезными свойствами. Некоторые флавоноиды обладают антиоксидантной активностью в 20–50 раз больше, чем витамины С и Е. Важно отметить, что селен является основным минеральным антиоксидантом и инактиватором свободных радикалов, он также участвует в синтезе фермента глутатионпероксидазы. Помимо этого, для выработки собственных антиоксидантов организму человека требуется достаточное количество цинка, меди и марганца. Надо также отметить, что реальные объекты являются сложными системами с разнообразным химическим составом, и их антиоксидантные свойства проявляются благодаря общему содержанию и взаимодействию различных восстановителей.

Проанализировав литературные данные, выбраны несколько возможных смесей полученных экстрактов растений. Вариантам смесей были присвоены номера от 1 до 10 по возрастанию, соответственно, данные представлены в Таблице 1.

Антиоксидантную активность полученных поликомпонентных экстрактов определяли указанными выше

Таблица 1
Варианты разработанных поликомпонентных смесей

№	Смесь экстрактов растений	Соотношение компонентов
1	Кумин – Гвоздика	1:1
2	Кумин – Можжевельник	1:1
3	Кумин – Имбирь	1:1
4	Можжевельник – Гвоздика	1:1
5	Можжевельник – Имбирь	1:1
6	Гвоздика – Имбирь	1:1
7	Кумин – Гвоздика	1:2
8	Кумин – Можжевельник	1:2
9	Можжевельник – Кумин	1:2
10	Можжевельник – Гвоздика	1:2

методами. Результаты исследования представлены на Рисунках 3–4.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что наибольший эффект синергизма продемонстрировали смеси 1 и 4, которые содержали в своем составе: 1 – кумин-гвоздика (1 : 1) и 4 – можжевельник-гвоздика (1 : 1).

В связи с этим были выбрали образцы экстрактов для дальнейшего изучения их антиоксидантной активности на модельной липидной системе.

Количество продуктов окисления обратно пропорционально активности антиоксиданта. То есть, если ко-

Рисунок 3

Антиоксидантная активность поликомпонентных фитоэкстрактов кулонометрическим методом

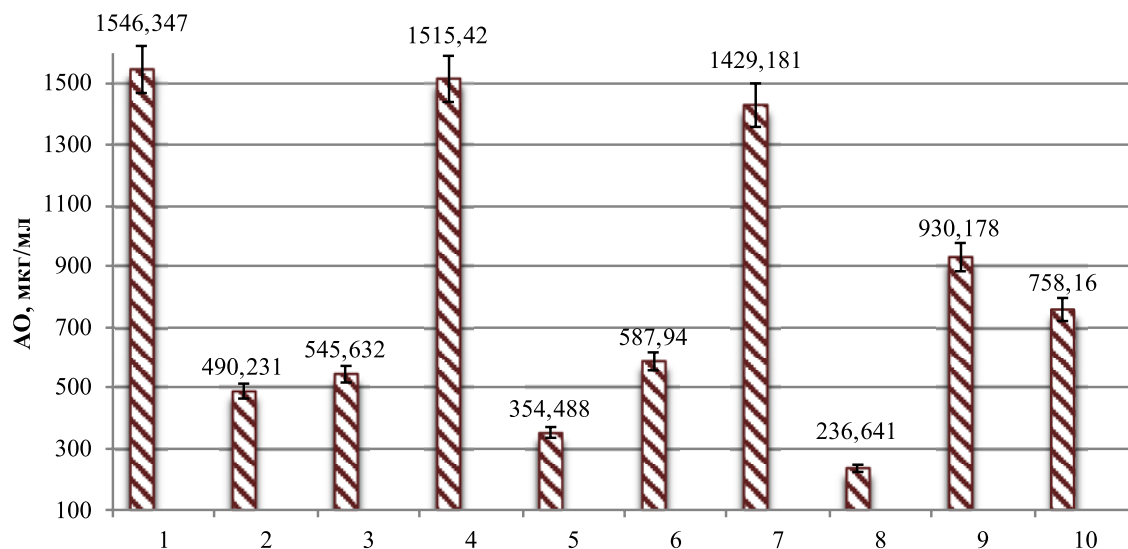
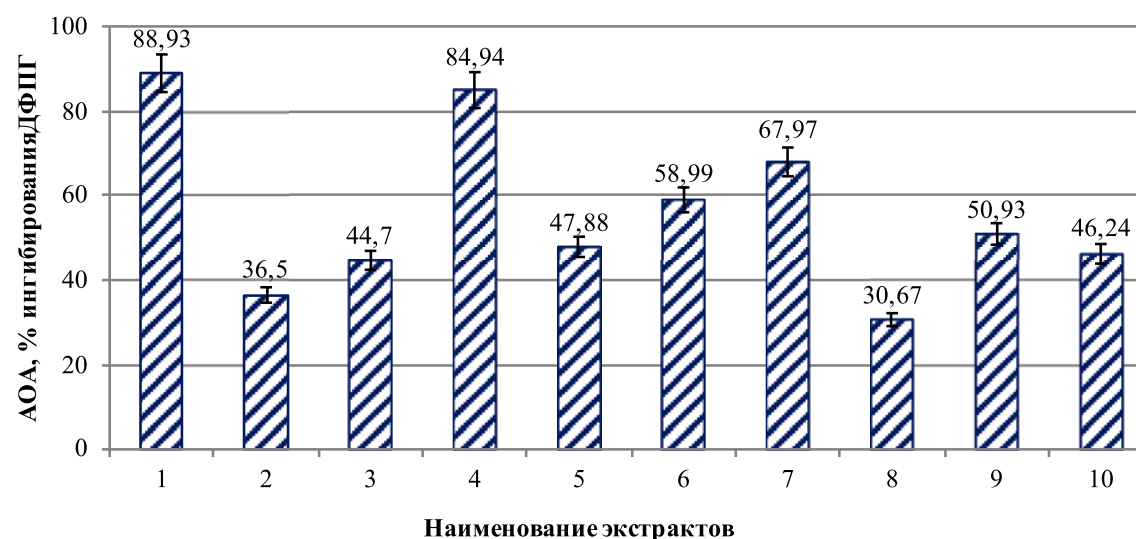


Рисунок 4

Антиоксидантная активность поликомпонентных фитоэкстрактов фотоколориметрическим методом



личество продуктов окисления высоко, то это говорит о слабом действии антиоксиданта, и наоборот – высокая активность антиоксиданта соответствует низкому уровню продуктов окисления.

Целью исследования было определение оптимальной концентрации образца, при которой антиоксидантный эффект будет максимальным. В каждый образец были добавлены образцы антиоксидантов в концентрации 0,05 % и 0,1 % от массы модельной системы и поместили их в термостат при 37 °С. Также были взяты контрольные пробы без добавления образцов, которые хранились вместе со всеми остальными образцами в тех же усло-

виях. Данный диапазон концентраций был подобран на основе данных из научной литературы. В течение 30 дней проводились измерения с интервалом в 5 дней. На основе статистической обработки данных были построены графические зависимости, показывающие динамику изменения гидролитической порчи и накопления первичных и вторичных продуктов окисления. Было обнаружено, что каждый вид антиоксиданта имеет свою характерную зависимость от времени в накоплении продуктов окисления.

Для исследования различий механизмов действия антиоксидантов (АО) была предложена рабочая гипотеза.

В соответствии с этой гипотезой, все АО можно разделить на две категории в зависимости от их механизма действия: прямого и косвенного (Манукьян, 2009).

Антиоксиданты прямого действия классифицируются по пяти основным классам. Первый класс включает вещества, которые являются донорами протона. Эти вещества имеют атом водорода, который может легко перемещаться и связывать свободные радикалы, превращая их в менее активные соединения. К ним относятся такие представители, как дигидрохверцетин, витамины С и Е (Манукьян, 2009).

Второй класс антиоксидантов — это полиены. Эти вещества содержат несколько ненасыщенных связей и способны взаимодействовать с различными свободными радикалами, присоединяя их ковалентной связью вдоль двойной связи. Хотя полиены обладают невысокой антиоксидантной активностью, их эффект значительно усиливается при совместном использовании с донорами протона. Витамин А является представителем этого класса.

Третий класс — катализаторы. Они эффективны при низких концентрациях и могут использоваться в небольших дозах. Катализаторы также характеризуются длительным действием в организме и низкой вероятностью побочных эффектов. Селен (селенопиран) и цинк (цитрат цинка) являются представителями этого класса.

Четвертый класс — ловушки радикалов — это антиоксиданты, которые обладают высокой способностью привлекать определенные свободные радикальные про-

дукты (такие как синглетный кислород, гидроксильные радикалы и другие). Примеры таких антиоксидантов включают дигидрохверцетин, L-карнозин, селен, а также витамины А, С и Е.

Пятый класс — комплексообразователи (хелаторы) — это вещества, которые ингибируют металлозависимые реакции свободнорадикального окисления путем связывания катионов металлов переходной валентности, которые катализируют образование активных форм кислорода. Один из примеров таких веществ является L-карнозин.

Таким образом, смеси антиоксидантов с разными механизмами действия могут быть гораздо более эффективными, чем использование отдельных антиоксидантов. Важным аспектом при разработке антиоксидантного комплекса является определение оптимальных соотношений антиоксидантов, которые обеспечивают наилучший антиоксидантный эффект.

Для наглядности результаты определения кислотного числа приведены в виде диаграммы, представленной на Рисунке 5.

Порча контрольного образца протекает стандартно, что подтверждает нормальные условия проведения эксперимента. Образцы с добавлением поликомпонентных препаратов портятся медленнее, скачкообразных изменений не наблюдается. На диаграмме (Рисунок 6) видно, что с наименьшей скоростью гидролитическая порча протекает в образце гвоздика-кумин концентрацией 0,1 % к массе сырья, что свидетельствует о большей активности данного препарата.

Рисунок 5

Динамика изменения кислотного числа в модельных липидных системах

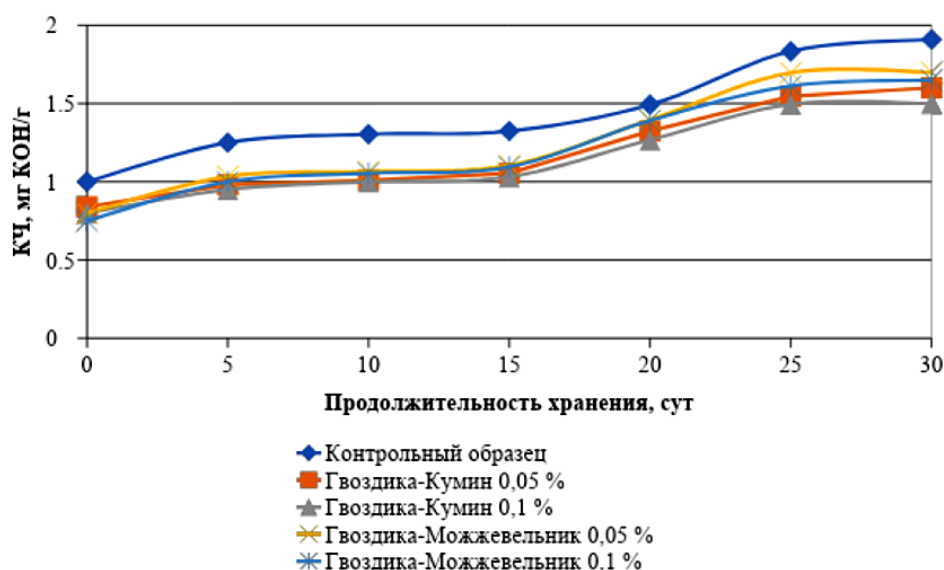


Рисунок 6

Динамика накопления первичных продуктов окисления (ПЧ) в модельных системах

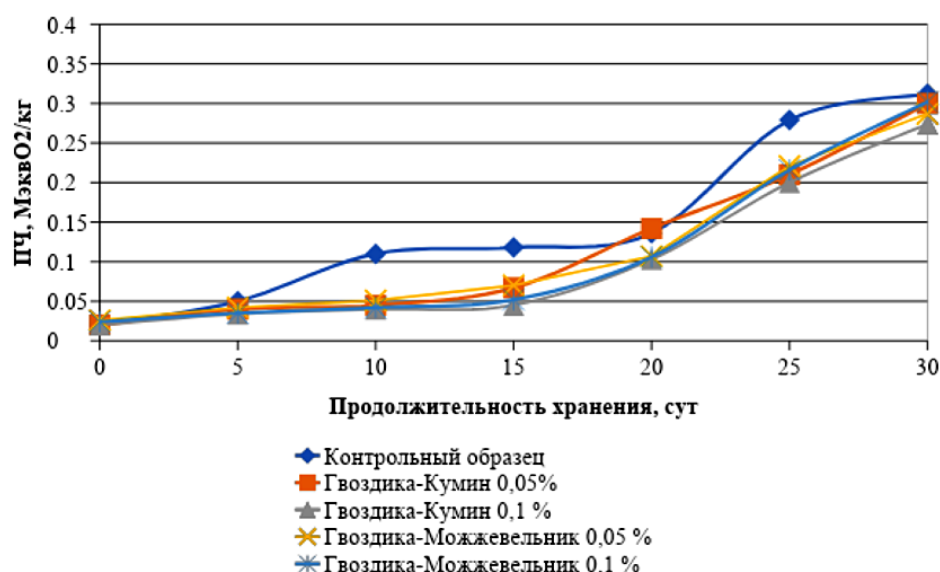
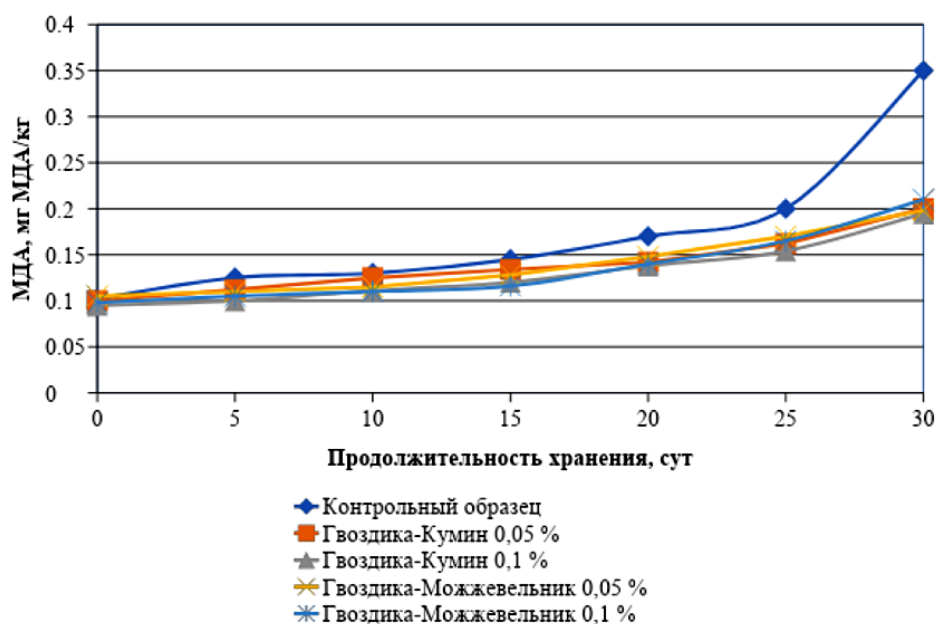


Рисунок 7

Динамика накопления вторичных продуктов окисления (МДА) в модельных системах



На диаграмме (Рисунок 7) видно, что в образце шпика без добавления компонентного фитопрепарата антиоксиданта, процесс окисления протекает более интенсивно, а динамика изменения соответствует теории окисления академика Н.Н. Семенова. Наибольшее ингибирование было достигнуто с применением препарата гвоздика-кумин концентрацией 0,1 % к массе сырья. Это связано с высоким содержанием в гвоздике и кумине эфирных масел, которые способствуют замедлению порчи как окислительной, так микробальной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Образцы Гвоздика-Кумин (0,1 %) и Гвоздика-Можжевельник (0,1 %) показали наилучшие результаты в сравнительном анализе. Значения кислотного числа (КЧ), перекисного числа (ПЧ) и малонового диальдегида (МДА) были ниже в этих образцах по сравнению с контрольными образцами, в которые не добавлялись антиоксиданты. Это означает, что использование этих комбинаций ингредиентов может помочь улучшить антиоксидант-

ные свойства мясных продуктов и сделать их более здоровыми для потребления.

Модели, в которые были внесены поликомпонентные препараты антиоксидантов, сохраняли начальные свойства дольше, поскольку гвоздика и кумин содержат в своем составе кареофиллен, эвентол и тимол, которые оказывают биоцидное воздействие, что доказывает перспективность использования данных препаратов для пролонгирования сроков хранения мясных и мясосодержащих продуктов.

Установлено, что препарат гвоздика-кумин концентрацией 0,1 % обладает более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с другими анализируемыми антиоксидантами.

Природные антиоксиданты, как правило, дают положительный результат в больших количествах. Однако, многие представители этой группы веществ имеют двухэтапное действие, то есть их антиоксидантное действие меняется на прооксидантное при превышении определенного порога.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьева, Ю. Г., Шайдуллина, Г. Г., Фархутдинов, Р. Р., Афанасьев, В. А., & Золотарев, М. С. (2017). Антиоксидантная активность сухих экстрактов из листьев смородины черной. *Медицинский вестник Башкортостана*, 12, 53–56.
- Багавиева, Т. К., Просенко, А. Е., & Кандалинцева, Н. В. (2020). Серосодержащие антиоксиданты на основе ряда природных и биологически активных фенольных соединений. В *Материалы X Международной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения академика Н. М. Эмануэля*, (с. 6–7).
- Баженова, Б. А., Жамсаранова, С. Д., Замбулаева, Н. Д., Забалуева, Ю. Ю., Герасимов, А. В., & Сынгеева, Э. В. (2020). Пути повышения сохранности природных антиоксидантов в мясных изделиях. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 10, 84–94. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-84-94>
- Гизингер, О. А., & Дадали, В. А. (2021). Свободнорадикальное, перекисное окисление и природные антиоксиданты. *Терапевт*, 9, 36–44.
- Гордынец, С., & Напреенко, В. (2017). Влияние растительного сырья на сроки хранения мясной фаршевой системы. *Наука и инновации*, 5, 37–39.
- Икрами, М. Б., Тураева, Г. Н., & Шарипова, М. Б. (2020). Изучение возможности применения растительных фенольных соединений для предотвращения порчи мясных продуктов. *Международный научно-исследовательский журнал*, 3–1, 134–137. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.93.3.022>
- Кароматов, И. Д., & Халилова, Р. С. (2021). Перспективное лекарственное растение — гвоздичное дерево. *Биология и интегративная медицина*, 3, 115–135.
- Ковалева, А. В. (2016) *Применение фитоэкстрактов, фитосиропов и пробиотиков в производстве хлебобулочных изделий* [Диссертация кандидата технических наук, ПГУ]. Орел, Россия.
- Лесовская, М. И., Кабак, Н. Л., & Игошин, А. С. (2021). Сравнение антиоксидантной активности экзотических специй и местных пряных трав. *The scientific heritage*, 81–2, 24–27. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-81-2-24-27>
- Манукьян, Г. Г. (2009). *Разработка специализированного продукта с использованием антиоксидантов природного происхождения для питания спортсменов* [автореферат диссертации кандидата технических наук, МГУПБ]. Москва, Россия.
- Патракова, И. С., Гуринович, Г. В., Мышалова, О. М., Серегин, С. А., & Патшина, М. В. (2021). Окислительно-восстановительный потенциал как показатель стабильности мясных систем. *Ползуновский вестник*, 1, 66–73. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009>
- Позднякова, Т. А., Кулешова, Е. С., & Бубенчиков, Р. А. (2021). Перспективы использования астрагала эспарцетного

Таким образом, результаты исследований показали, что разработанные поликомпонентные фитоэкстракты обладают биоантиоксидантными свойствами и могут быть использованы для коррекции патологических процессов, связанных с нарушением окислительного гомеостаза. Эти экстракты могут ингибировать образование активных форм кислорода и реакции перекисного окисления липидов, что может быть полезным для здоровья.

ВКЛАД АВТОРОВ

Кидяев С.Н.: концептуализация, создание модели исследования, руководство исследованием, создание черновика рукописи.

Литвинова Е.В.: создание рукописи и её редактирование.

Лапшина В.Л.: предоставление реагентов и материалов, деятельность по аннотированию.

Кашеварова И.А.: визуализация, проведение исследования.

в качестве источника природных антиоксидантов. *Медико-фармацевтический журнал Пульс*, 3, 47–53.

Савельева, Е. Е., & Ефремов, А. А. (2017). Антиоксидантная активность эфирных масел некоторых дикорастущих древесных растений Сибири. *Вестник КрасГАУ*, 2, 141–147.

Самусенко, А. Л. (2014). Изучение зависимости антиоксидантной активности эфирных масел почек гвоздики, лимонной травы, кардамона и ягод можжевельника от концентраций масла методом капиллярной газовой хроматографии. *Химия*

растительного сырья, 2, 97–102. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1402097>

Тридворнов, И. П., & Кузьмина, Н. Н. (2019). Сравнительная оценка влияния природного антиоксиданта и газомодифицированной среды на структурно-механические свойства фаршей. *Молодой исследователь: от идеи к проекту*, 57–88.

Хамидова, М. О., Абдурахимов, С. А., Ходжаев, С. Ф., & Акрамова, Р. Р. (2021). Исследование окислительного процесса жировой основы маргарина. *Universum: химия и биология*, 3–2, 26–29.

REFERENCES

Afanasyeva, Yu. G., Shaidullina, G. G., Farkhutdinov, R. R., Afanasyev, V. A., & Zolotarev, M. S. (2017). Antioxidant activity of dry extracts from black currant leaves. *Medicinskij vestnik Bashkortostana*, 12, 53–56.

Bagavieva, T. K., Prosenko, A. E., & Kandalintseva, N. V. (2020). Sulfur-containing antioxidants based on a number of natural and biologically active phenolic compounds. In *Materialy X Mezhdunarodnoj konferencii, posvyashchennoj 105-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N. M. Emanuel'a* [Proceedings of the X International Conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of Academician N. M. Emanuel], (p. 6–7).

Bazhenova, B. A., Zhamsaranova, S. D., Zambulaeva, N. D., Zabalueva, Yu. Yu., Gerasimov, A. V., & Syngееva, E. V. (2020). Ways to increase the safety of natural antioxidants in meat products. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*, 10, 84–94. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-84-94>

Giesinger, O. A., & Dadali, V. A. (2021). Free radical, peroxidation and natural antioxidants. *Terapevt*, 9, 36–44.

Gordynets, S., & Napreenko, V. (2017). The influence of plant raw materials on the shelf life of the minced meat system. *Nauka i innovacii*, 5, 37–39.

Ikrami, M. B., Turaeva, G. N., & Sharipova, M. B. (2020). Studying the possibility of using plant phenolic compounds to prevent spoilage of meat products. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 3–1, 134–137. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.93.3.022>

Karomatov, I. D., & Khalilova, R. S. (2021). A promising medicinal plant is the clove tree. *Biologiya i integrativnaya medicina*, 3, 115–135.

Kovaleva, A. V. (2016) *The use of phytoextracts, phytosyrups and probiotics in the production of bakery products* [Candidate Dissertation, PSU]. Orel, Russia.

Lesovskaya, M. I., Kabak, N. L., & Igoshin, A. S. (2021). Comparison of antioxidant activity of exotic spices and local herbs. *The scientific heritage*, 81–2, 24–27. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-81-2-24-27>

Manukyan, G. G. (2009). *Development of a specialized product using antioxidants of natural origin for the nutrition of athletes* [Abstract of the Candidate Dissertation, Moscow State University of Applied Biotechnology]. Moscow, Russia.

Patrakova, I. S., Gurinovich, G. V., Myshalova, O. M., Seregin, S. A., & Patshina, M. V. (2021). Redox potential as an indicator of the stability of meat systems. *Polzunovskij vestnik*, 1, 66–73. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.009>

Pozdnyakova, T. A., Kuleshova, E. S., & Bubenchikov, R. A. (2021). Prospects for using Astragalus sainfoin as a source of natural antioxidants. *Mediko-farmaceuticheskij zhurnal Pul's*, 3, 47–53.

Savelyeva, E. E., & Efremov, A. A. (2017). Antioxidant activity of essential oils of some wild woody plants of Siberia. *Vestnik KrasGAU*, 2, 141–147.

Samusenko, A. L. (2014). Study of the dependence of the antioxidant activity of essential oils of clove buds, lemongrass, cardamom and juniper berries on oil concentrations using capillary gas chromatography. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 2, 97–102. <https://doi.org/10.14258/jcprm.1402097>

Tridvornov, I. P., & Kuzmina, N. N. (2019). Comparative assessment of the influence of a natural antioxidant and a gas-modified environment on the structural and mechanical properties of minced meat. *Molodoj issledovatel': ot idei k proektu*, 57–88.

Khamidova, M. O., Abdurakhimov, S. A., Khodzhaev, S. F., & Akramova, R. R. (2021). Study of the oxidative process of the fatty base of margarine. *Universum: himiya i biologiya*, 3–2, 26–29.