

Эффективность использования растительных экстрактов для сохранения качества и безопасности мясных продуктов в процессе хранения

Симаков Д.Г., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования различных растительных экстрактов в качестве добавок к мясным продуктам типа «фрикадельки» для увеличения их микробиологического срока хранения. Экспериментальные исследования включали приготовление модельных мясных продуктов в лабораторных условиях с добавлением 0,2% экстрактов клюквы, розмарина и любистока, а также их хранение при температуре 10°C в течение 16 суток. Микробиологическая оценка включала подсчет общего числа аэробных бактерий (анализы проводились каждые 4 дня) и измерение pH (каждые 4 дня). Исходя из гипотезы, что натуральные растительные экстракты могут эффективно подавлять рост микрофлоры в мясных продуктах, было установлено, что экстракт розмарина проявил наибольшую активность против микроорганизмов, что обеспечивало наиболее длительный срок хранения продуктов (13,3 дня). В то время как наибольший рост микроорганизмов был зафиксирован в контрольном образце и образце с добавлением любистока.

Ключевые слова: экстракт, травы, фенольные соединения, антимикробная активность, мясные продукты.

Для цитирования: Симаков Д.Г., Фролов Д.И. Эффективность использования растительных экстрактов для сохранения качества и безопасности мясных продуктов в процессе хранения // Инновационная техника и технология. 2025. Т. 12. № 2. С. 41–46.

Efficiency of using plant extracts to preserve the quality and safety of meat products during storage

Simakov D.G., Frolov D.I.

Abstract. The article discusses the possibility of using various plant extracts as additives to meat products of the «meatball» type to increase their microbiological shelf life. Experimental studies included the preparation of model meat products in laboratory conditions with the addition of 0.2% extracts of cranberry, rosemary and lovage, as well as their storage at a temperature of 10°C for 16 days. The microbiological assessment included counting the total number of aerobic bacteria (analyses were performed every 4 days) and measuring pH (every 4 days). Based on the hypothesis that natural plant extracts can effectively inhibit the growth of microflora in meat products, it was found that rosemary extract showed the greatest activity against microorganisms, which provided the longest shelf life of products (13.3 days). While the highest growth of microorganisms was recorded in the control sample and the sample with the addition of lovage.

Keywords: extract, herbs, phenolic compounds, antimicrobial activity, meat products.

For citation: Simakov D.G., Frolov D.I. Efficiency of using plant extracts to preserve the quality and safety of meat products during storage. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2025. Vol. 12. No. 2. pp. 41–46. (In Russ.).

Введение

Пищевые отравления продолжают оставаться актуальной проблемой как для потребителей, так и для пищевой промышленности, несмотря на применение различных методов консервации [1]. Проблема остается в центре внимания производителей пищевых продуктов, специалистов по безопасности пищевых продуктов и регулирующих органов, учитывая высокий и продолжающийся рост числа вспышек заболеваний, вызванных патогенными микроорганизмами. Дополнительную сложность представляет растущая устойчивость некоторых пищевых патогенов к антибиотикам. Наряду с этим потребители становятся все более обеспокоены безопасностью продуктов, содержащих синтетические консерванты. В связи с этим наблюдается возращение интереса к разработке новых, эффективных и нетоксичных антимикробных соединений. В последние годы растет внимание к использованию натуральных антибактериальных средств, таких как экстракты специй и трав, в качестве альтернативы для консервации пищевых продуктов [3].

Специи и травы добавлялись в пищевые продукты с древних времен не только в качестве ароматизаторов, но и в качестве народной медицины и пищевых консервантов [2]. Помимо придания характерных вкусов, некоторые специи и травы продлевают срок хранения пищевых продуктов, предотвращая прогорклость за счет своей антиоксидантной активности или за счет бактериостатической или бактерицидной активности, в том числе в отношении пищевых патогенных бактерий. Однако степень ингибирования зависит от комбинации специй, микроорганизмов и дополнительных факторов хранения (температуры, влажности, консервантов и т. д.).

Специи и травы, а также их компоненты, как правило, считаются безопасными, либо из-за их традиционного использования без какого-либо документированного вредного воздействия, либо из-за специальных токсикологических исследований. Будучи натуральными продуктами питания, специи и травы привлекают многих потребителей, которые сомневаются в безопасности синтетических пищевых добавок. Некоторые специи и травы, используемые сегодня, ценятся за их антимикробную активность и лечебные эффекты в дополнение к их вкусовым и ароматическим качествам. Экстракты многих видов растений стали популярными в последние годы, и попытки охарактеризовать их биоактивные принципы набирают обороты для различных фармацевтических и пищевых технологических применений. Антимикробная активность растительных экстрактов составляет основу для многих применений, включая консервирование сырых и обработанных пищевых продуктов, фармацевтические препараты, альтернативную медицину и натуральную терапию [5].

Во многих исследованиях сообщалось, что

фенольные соединения в специях и травах вносят значительный вклад в их антиоксидантные и фармацевтические свойства [8, 7]. В некоторых исследованиях утверждается, что фенольные соединения, присутствующие в специях и травах, также могут играть важную роль в их антимикробном действии [4]. Крупномасштабных систематических исследований связи между ингибированием бактерий и общим содержанием фенолов в специях и травах не проводилось. Существует положительная линейная связь между антиоксидантной активностью и общим содержанием фенолов в некоторых специях и травах. Однако нет никаких сообщенных данных о связи между антибактериальной активностью и антиоксидантной способностью специй и трав.

Целью исследования было изучение возможности применения различных растительных экстрактов в качестве добавок к мясным продуктам типа «фрикадельки» с целью продления их микробиологических сроков хранения.

Объекты и методы исследования

Модельные мясные изделия в виде фрикаделек, изготовленных в лабораторных условиях, массой 50 ± 1 г каждая, запекали до достижения температуры внутри изделия 75°C . Готовые изделия после охлаждения до комнатной температуры упаковывали в кислородсодержащей атмосфере в запаянные пакеты и хранили при температуре 10°C в течение 16 суток. В состав изделия входили говядина из задней части (без костей) и свинина из лопаточной части (без костей), используемые в соотношении 1:1; панировочные сухари (10% от массы изделия); ультрапастеризованное молоко с содержанием жира 2% (100 мл на 1000 г мяса); лук (100 г на 1000 г мяса); соль (1,2% от массы продукта).

В пульпы, полученные из мясного фарша, смешанного со всем сырьем для пульпы, добавляли этанольные и водные экстракты из розмарина, любистока и клюквы в количестве 0,2% от массы продукта. Количество добавленных экстрактов определялось в предварительных испытаниях на основе сенсорной оценки. Перед добавлением в пульпу взвешенные количества растительных экстрактов измельчали в ступке с небольшим количеством молока (часть молока, добавляемого в пульпу). Продукт без добавления какого-либо экстракта составил контрольную группу.

Растительные экстракты (розмарин, клюква, любисток), используемые в исследовании, готовили по следующей методике: травы измельчали, добавляли смесь 95% этанола (7 объемных частей) и воды (3 объемные части) в соотношении 1:6; настойку выдерживали в темноте в течение 24 ч, после чего фильтровали; этанол упаривали на вакуумном испарителе; оставшуюся водную фракцию лиофилизировали; лиофилизаты экстрактов хранили при температуре -20°C .

Микробиологическое исследование проводи-

лось с использованием традиционного метода глукбокого чашечного посева. Определение проводилось по отношению к общему количеству аэробных микроорганизмов. В качестве среды для исследования использовался питательный агар. С интервалом в четыре дня отбирали 5 г взвешенного количества и помещали в мешок, добавляли 45 мл стерильной жидкости для разбавления. Затем проводили гомогенизацию в течение двух минут на стандартной скорости. После гомогенизации готовили ряд десятикратно разбавленных образцов. Инокуляцию проводили из трех последовательных разведений образцов за раз, по 1 мл на каждую группу из трех чашек. Затем чашки инкубировали при температуре 37°C в течение 48 часов.

Кислотность pH измеряли на pH-метре с учетом температуры окружающей среды. Отбирали образцы продукта (по 10 г ± 0,1 г каждый) и гомогенизировали с 10 мл дистиллированной воды. Полученный гомогенат использовали для испытаний.

Статистический анализ результатов проводился с использованием статистических программ Microsoft Excel и Statistica 10. Среднее арифметическое значение и стандартное отклонение рассчитывались в Microsoft Excel. Остальные статистические (линейный регрессионный анализ, дисперсионный анализ) расчеты выполнялись в Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

Полученные в ходе проведенных испытаний данные свидетельствуют о том, что добавление растительных экстрактов, богатых полифенольными соединениями, влияет на микробиологические изменения, происходящие в процессе хранения мясных продуктов. Кривые роста общего числа аэробных бактерий в продуктах типа фрикадельки в зависимости от различных добавок представлены на рисунке 1.

Общее количество бактерий в хранимых про-

дуктах увеличивалось со временем хранения. Количество микроорганизмов в исходных образцах колебалось от 3,23 до 3,24 log КОЕ/г. На последний день хранения общее количество бактерий в порядке возрастания составило: 7,13 log КОЕ/г для образца с добавлением розмарина, 7,19 log КОЕ/г для образца с добавлением любистока, 7,22 log КОЕ/г для образца с добавлением клюквы и 7,71 log КОЕ/г для контрольного образца.

В последний день хранения количество микроорганизмов во всех образцах превысило допустимый уровень для мясных продуктов (6 log КОЕ/г), и поэтому они не были пригодны для употребления в пищу человеком.

День, в который общее количество бактерий достигает значения 6 log КОЕ/г, считается концом срока годности продукта. День хранения, в который достигается этот уровень и, следовательно, срок годности для продуктов типа фрикаделек, содержащих различные добавки, представлен в таблице 1.

Самый длительный срок хранения, определенный экспериментально по общему количеству бактерий, а именно 13,3 суток, имел образец с добавлением экстракта розмарина. Последующими по сроку хранения образцами были контрольный образец (12 суток), образец с добавлением экстракта клюквы (10,3 суток) и образец с добавлением любистока (9 суток). Общее содержание полифенолов в добавленных экстрактах представлено в таблице 2.

Наибольшее суммарное содержание полифенолов среди использованных экстрактов было обнаружено в препарате с розмарином (14,5 мг/г экстракта), что, вероятно, также отразилось на результатах испытаний. Образцы с добавлением экстракта розмарина проявили более сильные антибактериальные свойства, чем образцы с добавлением экстракта клюквы (5,1 мг полифенолов на грамм экстракта) и экстракта любистока (2,7 мг/г экстракта). Образец с добавлением экстракта любистока показал самые

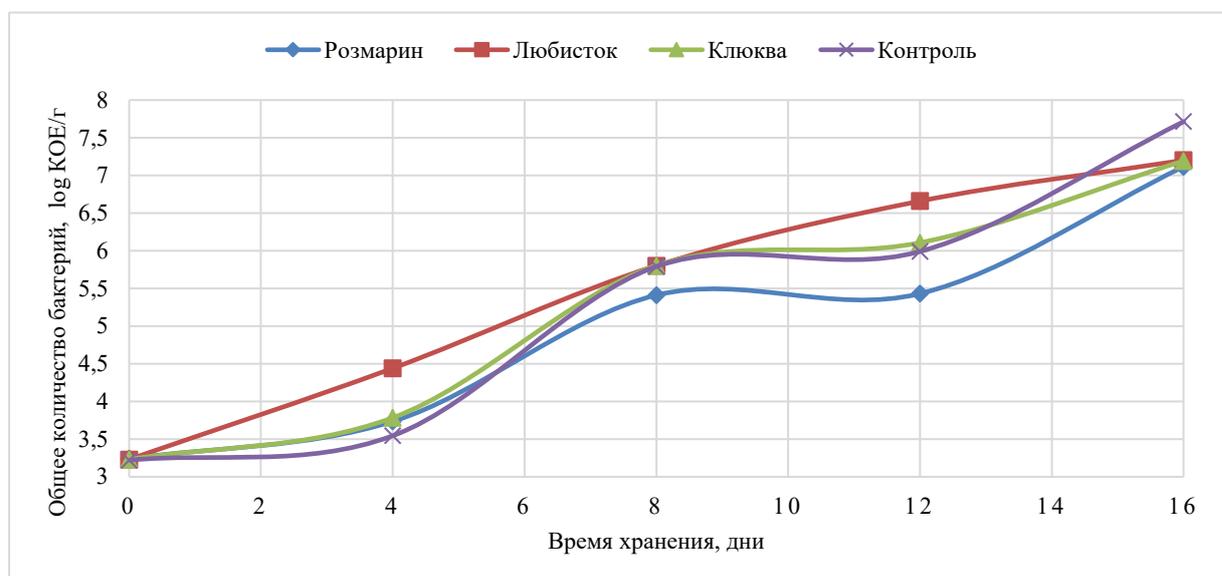


Рис. 1. Кривые роста общего количества бактерий в фрикадельках, хранящихся при температуре 10°C, в зависимости от различных видов растительных экстрактов

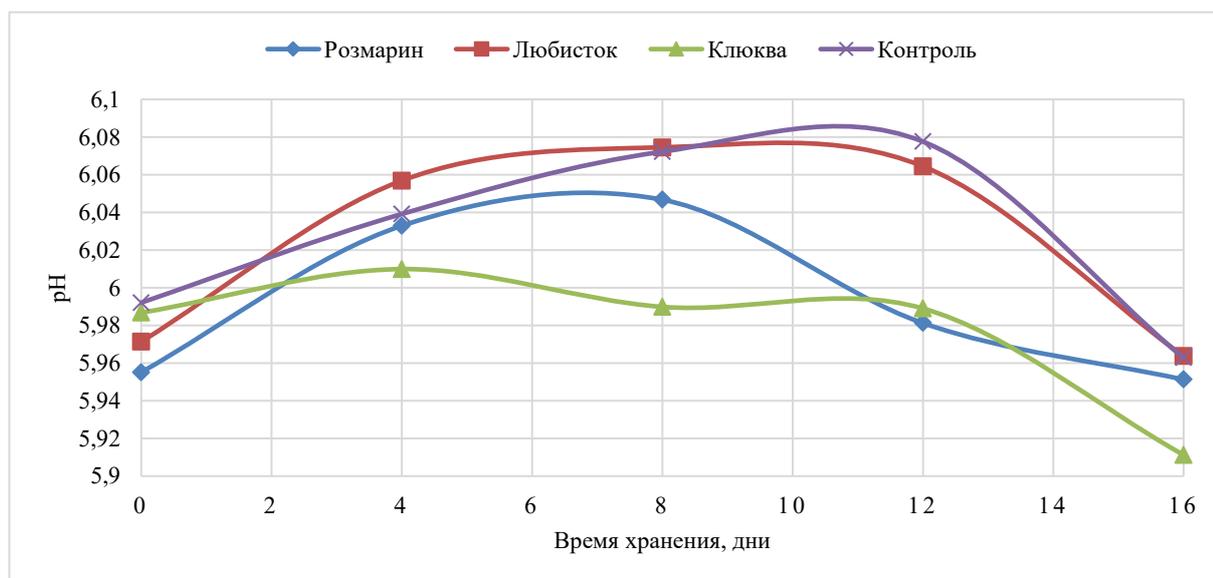


Рис. 2. Кривые изменения pH фрикаделек, хранящихся при температуре 10°C, в зависимости от различных добавленных растительных экстрактов

плохие результаты испытаний среди образцов с добавлением натуральных растительных экстрактов; он также характеризовался самым низким содержанием полифенолов. Можно сделать вывод, что чем больше полифенолов в экстракте, тем сильнее его антимикробное действие.

Различия, наблюдаемые в росте микроорганизмов как в продуктах с добавлением растительных экстрактов, так и в контрольном образце без каких-либо добавок, не были значимыми. С учетом статистических данных линейного регрессионного анализа и корреляции между сроком хранения и количеством бактерий, наиболее интенсивный рост микроорганизмов наблюдался в контрольном образце и продукте с добавлением любистoka (в обоих случаях коэффициент корреляции составил 0,93, а коэффициент детерминации R^2 - 0,87). Во всех случаях значение p было статистически значимым (достигало значения $<0,0001$). В меньшей степени время хранения влияло на рост микроорганизмов в продуктах с добавлением розмарина и клюквы (R^2 составил 0,69 и 0,66 соответственно, а R - 0,83 и 0,81 соответственно). Только в конце цикла хранения, т. е. на 16-й день хранения, все образцы с добавлением экстракта имели несколько более высокое микробиологическое качество, чем контрольный образец.

Другими исследователями, для того чтобы доказать антибактериальное действие определенных смесей специй, было изучено их влияние на скорость роста бактерий в свежей свинине. Результаты исследования показали, что из-за использования смесей специй процесс размножения бактерий в свинине не был полностью нарушен, но был значительно замедлен по сравнению с мясом без приправ. Кроме того, антибактериальное действие смесей специй увеличивалось по мере увеличения срока хранения мяса [6].

Розмарин представляет собой весьма перспективную пищевую добавку, поскольку содержит

множество соединений, включая: карнозол, карнозиновую кислоту, розманол, 7-метил-эпиросманол, изоросманол, розмадиал, кофейную кислоту, 1,8-цинеол, камфару и α -пинен, обладающих значительной антимикробной и антиоксидантной активностью *in vitro*. Карнозная кислота является наиболее активным антиоксидантным компонентом, в то время как 1,8-цинеол, α -пинен и камфора являются наиболее активными антимикробными компонентами, присутствующими в розмарине.

Не только этанолово-водные экстракты розмарина, но и экстракты клюквы и любистoka могут оказывать бактерицидное и бактериостатическое действие за счет различных биологически активных соединений. К этим соединениям относятся, в случае любистoka, в основном эфирные масла, флавоноиды, терпены, фитостерины и органические кислоты. В то время как сок и настой, приготовленные из сушеных ягод черники (голубики), издавна использовались для лечения диареи и уничтожения паразитов пищеварительного тракта. Красители, входящие в состав черники (составляющие около 7% от ее содержания), нейтрализуют пищевые токсины и блокируют их всасывание через слизистые оболочки. Синий краситель антоциан также подавляет рост бактерий.

Исследование изменения уровня pH, происходящего в процессе хранения пищевых продуктов, показало, что добавление растительных экстрактов в количестве 0,2% привело к небольшому изменению кислотности продукта (рисунок 2).

Изменения уровня pH в продуктах на протяжении всего цикла хранения продуктов были очень незначительными. В начале pH составил 5,96 для продукта с розмарином, 5,99 для продукта с клюквой, 5,97 для продукта с любистокком и 5,99 для контрольного образца. Незначительное повышение уровня pH наблюдалось в контрольном образце до 12-го дня хранения, а в образцах с добавлением экстракта розмарина и любистoka - до

Таблица 1 – Примерные сроки хранения изделий типа фрикаделек в зависимости от типа экстракта

Выдержки	Приблизительный срок годности (дней)
Экстракт розмарина	13,3
Экстракт клюквы	10,3
Экстракт любистока	9
Контроль (без добавки)	12

Таблица 2 – Общее содержание полифенолов в добавленных экстрактах

Экстракты этанола и воды (0,2%)	Общее содержание полифенолов (мг/г экстракта)
Розмари	14,5
Клюква	5,1
Любисток	2,7

половины цикла хранения. На 8-й день хранения он достиг максимального значения 6,05 для образца с розмарином, 6,08 для образца с любистоком и 6,08 для контрольного образца на 12-й день хранения. Во второй половине периода хранения значение рН несколько снизилось, достигнув на 16-й день хранения следующих значений: 5,95 для образца с розмарином, 5,97 для образца с любистоком и 5,96 для контрольного образца. В образце с добавлением экстракта клюквы уровень рН был наиболее стабильным в течение 12 суток хранения, снизившись к концу срока до значения 5,91.

Небольшие изменения рН во всех продуктах на протяжении всего срока хранения подтверждаются результатами линейного регрессионного анализа и корреляцией между временем хранения и изменением рН. Коэффициент детерминации R^2 для образца с любистком и контрольного образца составил 0,001, для образца с розмарином 0,005 и для образца с клюквой 0,019, тогда как коэффициенты корреляции R составили 0,03, 0,04, 0,07 и 0,14 соответственно. Фактор времени не оказал влияния на рН продукта, что подтверждается значением p , которое во всех случаях значительно превышало 0,50.

Конечное значение рН хранящихся продуктов было аналогично их исходному значению рН, несмотря на значительные различия в общем количестве микроорганизмов между днями хранения от 0 до 16. Различия составляют: 3,89 логарифмических циклов для образца с розмарином, 3,98 логарифмических циклов для образца с клюквой, 3,96

логарифмических циклов для образца с любистком и 4,47 логарифмических циклов для контрольного образца.

Признаком порчи мяса обычно является повышенный уровень рН, который является результатом роста гнилостных бактерий и выделения аммиака в окружающую среду. В случае роста сахаролитической микрофлоры и разложения углеводов выделяются кислоты и уровень рН снижается. Для целей хранения важно, чтобы уровень рН мяса достигал как можно более низкого уровня, чтобы обеспечить стабильность срока годности мяса. Этот уровень рН составляет около 5,4. Значение рН 6,4 считается критическим для пригодности мяса к хранению. Когда значение рН превышает этот уровень, мясо проявляет малую устойчивость к микроорганизмам и, таким образом, подвержено процессам разложения. Это также связано с активностью ферментов, вырабатываемых микроорганизмами, особенно протеолитических, оптимум активности которых достигается при значении рН, равном 7,0-8,0. Однако их активность подавляется при значении рН ниже 6,0.

В ходе данного исследования на протяжении всего цикла хранения существенных изменений значений рН не наблюдалось, а по его окончании даже зафиксировано снижение, несмотря на значительный рост микрофлоры. Возможно, это связано с влиянием добавления растительных экстрактов на направленность метаболических превращений микроорганизмов и ферментов в продукте.

Выводы

Из всех примененных растительных экстрактов экстракт розмарина характеризуется наиболее сильным действием в отношении микроорганизмов, что проявляется в наибольшем сроке хранения (13,3 суток) исследуемых продуктов, хранящихся при температуре 10°C. В течение всего срока хранения наиболее интенсивный рост микроорганизмов наблюдался в контрольном образце и продукте с добавлением любистока. Добавление растительных экстрактов вызвало небольшие изменения кислотности продукта, которая достигла уровня, сопоставимого с таковым у контрольного продукта, несмотря на большие различия в начальном и конечном количестве микроорганизмов, зарегистрированных в течение периода хранения.

Литература

- [1] Давлетшина Л. А., Карманов М. В. Актуальные вопросы статистики пищевых отравлений // Вестник Академии. – 2020. – №. 3. – С. 16-21.
- [2] Ельшина Л. Е., Речкина Е. А. Использование ягодных маринадов в технологии мясных

References

- [1] Davletshina L. A., Karmanov M. V. Actual issues of food poisoning statistics // Vestnik of the Academy. - 2020. - No. 3. - P. 16-21.
- [2] Elshina L. E., Rechkina E. A. Use of berry marinades in the technology of semi-finished meat products //

- полуфабрикатов //Иновационные технологии пищевых производств. – 2021. – С. 21-25.
- [3] Прынишников В. В., Глотова И. А., Брекало Е. Р. Традиции и инновации: применение специй при мариновании мясной продукции //Пищевая индустрия. – 2020. – №. 2. – С. 10-13.
- [4] Червоткина Д. Р., Борисова А. В. Антимикробные препараты природного происхождения: обзор свойств и перспективы применения //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12. – №. 2 (41). – С. 254-267.
- [5] Шахин М., Сухенко Л. Т., Новиченко О. В. Органолептическая оценка качества, антиоксидантная и антимикробная активность растительных масел и масляного экстракта *Nigella sativa* L //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2024. – №. 4. – С. 46-52.
- [6] Hamad G. M. et al. Detection and control of foodborne pathogenic bacteria using *Solanum nigrum* extract as antibacterial in meat products //Annual Research & Review in Biology. – 2018. – Т. 23. – №. 6. – С. 1-17.
- [7] Shan B. et al. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents // Journal of agricultural and food chemistry. – 2005. – Т. 53. – №. 20. – С. 7749-7759.
- [8] Shan B. et al. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts //International Journal of food microbiology. – 2007. – Т. 117. – №. 1. – С. 112-119.
- Innovative technologies of food production. - 2021. - P. 21-25.
- [3] Pryanishnikov V. V., Glotova I. A., Brekalo E. R. Traditions and innovations: the use of spices in marinating meat products // Food industry. - 2020. - No. 2. - P. 10-13.
- [4] Chervotkina D. R., Borisova A. V. Antimicrobial drugs of natural origin: a review of the properties and prospects of application // News of universities. Applied chemistry and biotechnology. – 2022. – Vol. 12. – No. 2 (41). – P. 254-267.
- [5] Shakhin M., Sukhenko L. T., Novichenko O. V. Organoleptic assessment of quality, antioxidant and antimicrobial activity of vegetable oils and oil extract of *Nigella sativa* L // Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. – 2024. – No. 4. – P. 46-52.
- [6] Hamad G. M. et al. Detection and control of foodborne pathogenic bacteria using *Solanum nigrum* extract as antibacterial in meat products //Annual Research & Review in Biology. – 2018. – Vol. 23. – No. 6. – P. 1-17.
- [7] Shan B. et al. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents // Journal of agricultural and food chemistry. – 2005. – T. 53. – No. 20. – pp. 7749-7759.
- [8] Shan B. et al. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts //International Journal of food microbiology. – 2007. – T. 117. – No. 1. – pp. 112-119.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Симаков Данил Геннадьевич аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 914-73-00 E-mail:</p>	<p>Simakov Danil Gennadievich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 914-73-00 E-mail:</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>