

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 664:637.07

**ПРИМЕНЕНИЕ КОЖУРЫ ГРАНАТА
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****Хамзина Е.И.***ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
Екатеринбург, e-mail: xei260296@mail.ru*

Гранат (*Punica granatum L.*) с древних времен известен своими полезными для здоровья свойствами, причем не только сок, но и кожура плода обладает ценными биологическими активностями. Целью является обзор последних исследований, посвященных применению кожуры граната в пищевой промышленности, с акцентом на ее антиоксидантные, антимикробные и противовоспалительные свойства. В качестве материалов были рассмотрены научные статьи российских и зарубежных ученых за последние 10-12 лет. В статьях описаны экстракты и порошки, полученные из кожуры граната, а также их применение в различных пищевых продуктах, таких как молочные продукты, мясо, выпечка и упаковочные материалы. Согласно литературным данным добавление кожуры граната улучшает антиоксидантную активность, увеличивает срок годности продуктов, снижает окислительные процессы и подавляет рост патогенных микроорганизмов. Например, экстракт кожуры граната продемонстрировал эффективность в замедлении микробной порчи мяса и рыбы, а также в сохранении свежести фруктов при использовании в съедобных покрытиях. Кроме того, порошок кожуры граната повысил пищевую ценность выпечки за счет увеличения содержания клетчатки и минералов. Важным аспектом является также разработка биоразлагаемых упаковочных материалов с добавлением экстракта кожуры граната, которые обладают антимикробными свойствами и способствуют устойчивому развитию. В заключение отмечается, что кожура граната представляет собой ценный природный ресурс для пищевой промышленности, позволяющий не только улучшать качество и безопасность продуктов, но и сокращать отходы, что соответствует современным тенденциям устойчивого производства.

Ключевые слова: экстракт, кожура, антиоксидант, полифенолы, молочные продукты, мясо**APPLICATION OF POMEGRANATE PEEL
IN THE FOOD INDUSTRY****Khamzina E.I.***Ural State University of Economics, Ekaterinburg, e-mail: xei260296@mail.ru*

Pomegranate (*Punica granatum L.*) has been known for its health benefits since ancient times, and not only the juice but also the peel of the fruit possesses valuable biological activities. The aim is to review the latest research on the application of pomegranate peel in the food industry, focusing on its antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory properties. Research articles by Russian and international scientists published over the past 10-12 years were reviewed. The articles describe extracts and powders obtained from pomegranate peel, as well as their use in various food products, such as dairy products, meat, baked goods, and packaging materials. According to the literature, the addition of pomegranate peel improves antioxidant activity, extends the shelf life of products, reduces oxidative processes, and inhibits the growth of pathogenic microorganisms. For example, pomegranate peel extract demonstrated efficacy in retarding microbial spoilage of meat and fish, and in preserving fruit freshness when used in edible coatings. In addition, pomegranate peel powder improved the nutritional value of baked goods by increasing the fiber and mineral content. An important aspect is also the development of biodegradable packaging materials with the addition of pomegranate peel extract, which have antimicrobial properties and contribute to sustainable development. In conclusion, it is noted that pomegranate peel is a valuable natural resource for the food industry, allowing not only to improve the quality and safety of products, but also to reduce waste, which is in line with modern trends in sustainable production.

Keywords: extract, peel, antioxidant, polyphenols, dairy, meat**Введение**

Гранат (*Punica granatum L.*) с древних времен является сельскохозяйственной культурой. Его название происходит от латинского *Malum granatum*, что означает «зернистое яблоко» [1]. Гранатовое дерево имеет искривленный и колючий ствол, удлиненные зеленые с гладкой поверхностью листья и цветки оранжевой или малиновой окраски, плод граната имеет шаровидную форму диаметром 6-12 см. Окраска кожуры граната варьируется от желтой, зеленой и розовой, которая, в свою очередь,

может переходить в интенсивно-красную и темно-фиолетовую. Гранат очень хорошо адаптируется к климатическим условиям и распространен в регионах с тропическим и субтропическим климатом. В настоящее время гранат растет на территории Ирана, по всему Средиземноморью, в Турции, Индии, Мексике, США, Китае. В народной медицине гранат применяется при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, почек, сердечно-сосудистой системы, для поддержания иммунной системы, при хронических воспалительных про-

цессах (ревматоидный артрит). Лечебные свойства плодов граната объясняются содержанием различных полифенолов, среди которых наиболее распространены гидролизуемые танины (галлотаннины и эллагитаннины), гидроксикоричные кислоты, флаванолы (эпигаллокатехин), флаваноны (нарингенин и гесперидин), флавонолы (мирицетин, кверцетин и кемпферол), флавоны (апигенин и лютеолин), антоцианы (дельфинидин, цианидин и пеларгонидин) и дигидрохалконы (флоридзин) [2].

Целью настоящего исследования является анализ последних научных данных о применении экстрактов кожуры граната в качестве функциональных ингредиентов в пищевой промышленности. В обзоре рассматриваются, главным образом, их функциональные свойства: антиоксидантные, антимикробные и противовоспалительные.

Материалы и методы исследования

В исследовании проведен поиск научных статей в электронных базах данных Google Scholar, PubMed, Science Direct, Scopus, eLibrary.ru, в которых рассматриваются тенденции применения кожуры граната в пищевой промышленности. Поиск проводили по ключевым словам: «кожура граната», «функциональные продукты питания», «пищевая упаковка». По результатам поиска было получено 102 статьи. В итоговую выборку были отобраны статьи российских и зарубежных авторов, написанные за последние 10-12 лет (2013-2025 гг.).

Результаты исследования и их обсуждение

Съедобная часть граната составляет только 50% от общего веса, а оставшиеся 50% приходятся на кожуру, которую обычно выбрасывают как отходы. Растущий интерес к устойчивым методам производства продуктов питания в последнее время привел к тому, что все больше внимания уделяется использованию сельскохозяйственных отходов в пищевой промышленности. Одним из видов сельскохозяйственных отходов, получивших значительное внимание, является кожура граната. Она содержит разнообразный набор фенольных соединений (пуникалагин, галловая кислота, кофейная кислота и эллаговая кислота), флавоноидов (катехин, эпикатехин и галлокатехин) и антоцианов [3, 4]. Пуникалагин является одним из основных соединений, содержащихся в кожуре граната, характеризуется высокой молекулярной массой и считается отличительной особенностью этого фрукта. Пуникалагин обладает различными потенциальными терапевтическими преимуще-

ствами, включая антипролиферативные, противовоспалительные, гепатопротекторные и антигенотоксические свойства. Эллаговая кислота обладает различными свойствами, включая антиоксидантное, антигепатотоксическое, антихолестатическое, антифиброгенное, антигепатоканцерогенное и противовирусное действие. Свойства вышеупомянутых веществ способствуют улучшению структуры и функции печени, повышая устойчивость к различным вредным воздействиям [5]. Таким образом, эти соединения, отвечающие за мощные антиоксидантные, противовоспалительные и антимикробные свойства кожуры, делают ее ценным ресурсом в пищевой промышленности. Кроме того, кожура содержит значительные количества сырого белка включая лизин, лейцин, ароматические аминокислоты (фенилаланин и тирозин), треонин, валин и аминокислоты, содержащие серу (метионин и цистеин) и изолейцин. Основными минералами в кожуре граната являются К, Са, Р и Na, также сообщается о значительном содержании Fe, Zn, Cu и Se. Кожура граната также содержит высокие уровни витамина В1, витамина В2, витамина С, витамина Е, а также витамина А [6]. Кожура граната является хорошим источником пищевых волокон, которые необходимы для поддержания здоровья пищеварительной системы. Клетчатка способствует регулярному стулу и может способствовать общему здоровью желудочно-кишечного тракта с контролируемым уровнем сахара в крови. Содержание клетчатки составляет от 33% до 62%, поэтому ее можно использовать в качестве натуральной альтернативы нейтральным сахарам, и она может снизить всасывание холестерина. Кожура граната и её экстракт, помимо своей питательной ценности, выполняют важные технические функции, такие как антиоксидантное, антибактериальное действие, натуральный краситель и усилитель вкуса. Именно поэтому, кожуру граната можно добавлять в функциональные продукты питания, повышая их пищевую ценность и полезные для здоровья свойства и сохраняя или улучшая качества продуктов питания.

Т. Ismail с соавторами обнаружили, что кожура граната может использоваться для увеличения содержания клетчатки в печени и связанных с ним продуктах питания [7]. Жмых кожуры граната содержит относительно меньше белка, но богат углеводами, поэтому его можно использовать в качестве добавки в более высоких концентрациях в безбелковых калорийных продуктах питания. Печень, обогащенная 7,5% кожуры граната, показало снижение кало-

рийности и заметное увеличение ($p < 0,05$) пищевых волокон и неорганических компонентов в продукте. Кроме того, была отмечена положительная связь между содержанием фенолов в печени и результатами тестов на антиоксиданты, а именно анализом на 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH) и анализом антиоксидантной активности железа. Печень с добавлением кожуры граната, обладающее значительными антиоксидантными свойствами, снижало количество тиобарбитуровой кислоты на 67% и снижало рост количества аэробных микроорганизмов ($2,04-1,30 \log_{10} \text{КОЕ/г}$) и дрожжей/плесени ($1,70-1,05 \log_{10} \text{КОЕ/г}$). В другом исследовании при добавлении порошка кожуры граната в кексы наблюдалось значительное улучшение общего фенольного состава кексов, увеличения содержания минералов (Ca, Mg и K), общих антиоксидантных свойств и увеличение содержания пищевых волокон [8]. Кроме того, добавление экстракта кожуры граната в пшеничную муку привело к увеличению пищевой ценности маффинов за счет значительного увеличения содержания клетчатки (с 4,39 до 10,66%), антиоксидантной активности (с 75,94% до 99,36%), кальция (с 200,33 до 294,33 мг 100 г⁻¹), калия (с 227,33 до 425,33 мг 100 г⁻¹) и магния (с 96,33 до 288,33 мг 100 г⁻¹). Образцы маффинов были органолептически приемлемы при содержании экстракта кожуры граната до 8%. Содержание свободных жирных кислот, перекисное число и количество микроорганизмов в маффине с 8% экстракта кожуры граната были значительно ниже, чем в контрольном образце, и обладали большей окислительной и микробной стабильностью в течение срока хранения 21 и 28 дней при температуре окружающей среды и в холодильнике соответственно [9]. Экстракт кожуры граната добавляют в молочные продукты для повышения их антиоксидантной активности и увеличения сроков хранения [10]. Было обнаружено, что добавление кожуры граната в мороженое в концентрации 0,5 и 1,0% по массе усиливает антиоксидантные свойства (нейтрализация свободных радикалов) и ингибирует α -глюкозидазу [11]. Примечательно, что в мороженом не было обнаружено вяжущего вкуса, что свидетельствует о потенциальной приемлемости для потребителей.

Добавляя экстракт или порошок из кожуры граната в мягкий сыр в качестве натурального консерванта, производители повысили микробиологическую безопасность продукта, не прибегая к синтетическим добавкам. Кроме того, антиоксидантные свойства кожуры граната предотвращают порчу

сыра, увеличивая срок годности, и сохраняя при этом вкус и текстуру сыра [12]. Также использование кожуры граната при производстве сыра приводит к улучшению окислительной стабильности липидов [13]. Однако добавление этого экстракта может привести к ухудшению сенсорных характеристик сыров в основном из-за терпкости и горечи [14].

Кожура граната была исследована в качестве замены синтетических консервантов в мясных продуктах для продления срока годности при сохранении качественных характеристик мяса. Включение экстрактов кожуры граната может предложить различные преимущества, такие как улучшенная текстура, более длительный срок годности, улучшенная стабильность цвета и повышенная антиоксидантная активность. Например, добавление экстракта кожуры граната в сырой свиной фарш позволило снизить перекисное число, количество бактерий в хранившемся при температуре $4 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 12 дней фарше по сравнению с контрольной группой [15]. Перекисное окисление липидов ингибировалось фенольными соединениями из кожуры граната, которые блокировали реакции свободнорадикального окисления. Включая экстракты кожуры граната в мясные продукты, производители могут предложить потребителям более здоровую и альтернативу, удовлетворяя их растущий спрос на натуральные и функциональные продукты.

Экстракт кожуры граната обладает антимикробными свойствами, демонстрируя ингибирующий эффект против различных бактерий и грибов из-за наличия большого количества танинов. В исследовании J. Chen и соавторов сообщалось, что кожура граната оказывает антибактериальное действие против пищевых патогенов, таких как *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Penicillium italicum* и *Fusarium sambucinum* [16]. С использованием экстракта кожуры граната были изготовлены антибактериальные пленки эффективные против роста бактерий *Salmonella* и *Staphylococcus aureus* [17]. Экстракты кожуры граната потенциально могут использоваться в качестве антибактериальных агентов в рыбных продуктах. Например, когда креветки замачивали в метанольных экстрактах кожуры граната в течение 15 минут рост микробов был замедлен на срок до шести дней хранения в холодильнике [18]. В другом исследовании рыбные котлеты, приготовленные с натуральным экстрактом кожуры граната, имели более длительный срок хранения до 11 дней в условиях розничной торговли [19]. А также гранат оказывал сильное ингибирующее действие на *Listeria monocytogenes*.

Упаковка для пищевых продуктов имеет огромное значение для пищевой промышленности. Ее основная роль заключается в защите пищевых продуктов от внешних загрязнителей и факторов окружающей среды, тем самым обеспечивая их безопасность, качество и долговечность. Однако использование традиционных упаковочных пленок (полиэтилен) создает серьезные экологические проблемы. Они в основном производятся из нефти, не поддаются биологическому разложению и сохраняются в окружающей среде сотни лет, способствуя загрязнению и деградации экосистем. Более того, серьезную озабоченность вызывает образующийся в процессе эксплуатации микропластик. Несмотря на удобство и эффективность, воздействие на окружающую среду традиционных упаковочных пленок, таких как полиэтилен, подчеркивает острую необходимость в устойчивых упаковочных решениях, направленных на сокращение отходов и минимизацию воздействия на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла упаковки [20]. Остро стоит вопрос создания упаковок с минимальным воздействием на окружающую среду и не только защитные, барьерные функции, но и улучшить сенсорные свойства пищевых продуктов, обеспечить безопасность пищевых продуктов и сохранить качество пищевых продуктов. Антимикробные и антиоксидантные соединения, могут быть добавлены в упаковочный материал или на его поверхность для продления срока годности упакованных пищевых продуктов [21].

В настоящее время наблюдается рост интереса к разработке новых упаковочных материалов для пищевых продуктов и, особенно, съедобных упаковочных материалов. В целом, съедобная упаковка является биоразлагаемой, нетоксичной по своей природе и может использоваться как напыление, так и в виде пленки в зависимости от природы пищевых продуктов. Съедобная упаковка сохраняет или, в некоторых случаях, даже улучшает пищевой состав, биологические и сенсорные характеристики продукта за счет снижения потерь влаги, улучшения внешнего вида или минимизации биохимических изменений во время хранения. В след за научными исследованиями использование съедобной упаковки, содержащей экстракты отходов переработки фруктов с высоким содержанием биологически активных соединений, становится все более популярной и в пищевой промышленности. Их включают в съедобные упаковочные материалы для улучшения антиоксидантных, антимикробных и сенсорных характеристик продукта, а также для изменения структуры

покрытия, что улучшает их функциональность для пищевых применений. Гранатовая кожура содержит пектин (20–25%), целлюлозу (5–17%), поэтому ее активно используются для разработки активных биоразлагаемых пленок для пищевых продуктов, которые являются нетоксичными, экологически чистыми и съедобными из-за повышенного содержания фенолов и антиоксидантных и противомикробных свойств. Например, в работе А.Н. Nabeel и соавторов описано получение съедобных пленок на основе карбоксиметилцеллюлозы/желатина с добавлением экстракта кожуры граната для продления сроков хранения говядины [22]. Полученные пленки демонстрируют улучшенные функциональные свойства, включая улучшенную механическую прочность, светонепроницаемость, более низкую проницаемость для водяного пара и контролируемое высвобождение биоактивных соединений. Полученные «гранатовые» композитные пленки с добавлением демонстрируют эффективное ингибирование развитие пищевых микробов и замедление процессов липидного окисления в говядине, увеличивая срок хранения говядины до 3 дней. Это подчеркивает их применимость в качестве активных упаковочных материалов для пищевых продуктов вместо обычных пластиков. В другой работе при использовании двухслойных пленок с порошком кожуры граната в качестве активной упаковки для мяса страуса при хранении в холодильнике было обнаружено, что добавление порошка граната, особенно в концентрации 3% в пленку, эффективно подавляет рост микроорганизмов, снижает перекисное окисление липидов и улучшает сенсорные свойства мяса, в конечном итоге продлевая срок годности мяса страуса [23]. Порошок кожуры граната также использовался для приготовления съедобных пленок на основе крахмала [17]. Порошок использовался в качестве антимикробного и укрепляющего агента. Новая пленка продемонстрировала ингибирующее действие как на золотистый стафилококк, так и на сальмонеллу.

Добавление экстрактов кожуры граната (75 мг/мл) в пленку на основе белка – зеина – приводит к увеличению прочности пленки на разрыв, общего содержания фенолов и антиоксидантной активности зеиновых пленок, тогда как растворимость пленки и скорость пропускания водяных паров снижаются. Было показано, что эта зеиново-гранатовая пленка обладает ингибирующей активностью против нескольких патогенных бактерий и использовалась для упаковки сыра, пода-

влияя рост микроорганизмов, вызывающих порчу, но не влияя на молочнокислые бактерии. Кроме того, сыр в зеиново-гранатовой упаковке имеет низкое содержание продуктов окисления белков и липидов при хранении по сравнению с сыром, упакованным в зеиновую пленку без экстракта кожуры граната [24].

Для хранения белого хлеба была изготовлена съедобная упаковочная пленка из кожуры граната и глицерина в качестве пластификатора. Съедобная гранатовая пленка позволила уменьшить потерю веса хлеба при хранении. Это может быть связано со способностью пленки на основе гранатовой кожуры ограничивать потерю влаги из белого хлеба. Микробная обсемененность хлеба, завернутого в съедобную пленку, значительно снизилась по сравнению с хлебом, завернутым в полиэтилен [25].

Свежие фрукты и овощи являются скоропортящимися, и требуют защиты в первую очередь от гниения. Гниение фруктов и овощей после сбора может быть вызвано дремлющими и латентными инфекциями, которые возникают в период между цветением и созреванием плодов, а также повреждениями плодов, возникающими во время сбора, обработки и хранения урожая. Экстракт кожуры граната показал свою эффективность в продлении срока годности и сохранении микробиологических свойств пищевых продуктов при использовании в качестве антимикробного агента. Например, покрытие из эмульсии нанохитозана, настоящего на экстракте кожуры граната, эффективно сохраняет качество и продлевает срок годности плодов абрикоса [26]. В другом исследовании съедобные покрытия из хитозана и камеди рожкового дерева, обогащенные экстрактом кожуры граната, позволили минимизировать послеуборочную гниль апельсинов из-за *Penicillium digitatum* на 28% и 49% соответственно по сравнению с контрольными образцами [27].

Заключение

Последние годы потребность пищевой промышленности в антиоксидантах природного происхождения постоянно растёт, особенно в связи с увеличением числа сообщений о неблагоприятных токсикологических свойствах многих синтетических соединений. Таким образом, кожа граната, обладающая высокими антиоксидантными и антимикробными свойствами, имеет большой потенциал для применения в пищевых продуктах. Многочисленные исследования показали, что эти добавки могут положительно влиять на общие сенсорные качества и, следовательно, на срок

годности пищевых продуктов. Такой подход не только улучшает здоровье потребителей, снижая риск заболеваний пищевого происхождения, но и соответствует растущему спросу на продукты без химических добавок, с чистой этикеткой и безопасные. Более того, повторное использование кожуры фруктов способствует сокращению отходов и устойчивому развитию, превращая побочные продукты в ценные ресурсы для пищевой промышленности.

Список литературы

1. El Barnossi A., Moussaid F., Housseini A.I. Tangerine, banana, and pomegranate peels valorization for a sustainable environment: A review // *Biotechnology Reports*. 2021. Vol. 29. P. e00574. DOI: 10.1016/j.btre.2020.e00574.
2. Buccato D.G., Delgado-Osorio A., De Lellis L. Fr., Morone M.V., Ullah H., Izzo L., Lombardi S., Di Minno A., Riccioni C.V., Moriki D., Rufián-Henares J.Á., Daglia M. Exploring the influence of a pomegranate extract on the functionality of healthy and diseased human gut microbiota: An in vitro study // *Molecules*. 2025. Vol. 30. Is. 7. P. 1634. DOI: 10.3390/molecules30071634.
3. Kaderides K., Kyriakoudi A., Mourtzinos I., Goula A.M. Potential of pomegranate peel extract as a natural additive in foods // *Trends in Food Science and Technology*. 2021. Vol. 115. P. 380-390. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.06.050.
4. Aziz M., Tamam A.A., Nagm El-diin M.A., Hamdy A.M. Utilization of pomegranate peels powder as a novel preservative in white soft cheese making // *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 54. Is. 1. P. 50-65. DOI: 10.21608/AJAS.2023.169946.1191.
5. Rahul P.B., Ravindra K.T., Kshirod K.D., Maanas Sh. Recent advances in encapsulation of pomegranate peel extract and combination of wall materials: a review of encapsulation technologies, characterization and applications in the food industry // *Sustainable Food Technology*. 2025. Vol. 3. Is. 1. P. 123-144. DOI: 10.1039/D4FB00196F.
6. Rowayshed G., Salama A., Abul-Fadl M., Akila-Hamza S., Emad A. Nutritional and chemical evaluation for pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peel and seeds powders by products // *Middle East Journal of Applied Sciences*. 2013. Vol. 3. Is. 4. P. 169-179. URL: <https://www.curreweb.com/mejas/mejas/2013/169-179.pdf> (дата обращения 27.08.2025).
7. Ismail T., Akhtar S., Riaz M., Hameed A., Afzal Kh., Sheikh A.S. Oxidative and microbial stability of pomegranate peel extracts and bagasse supplemented cookies // *Journal of Food Quality*. 2016. Vol. 39. Is. 6. P. 658-668. DOI: 10.1111/jfq.12231.
8. Topkaya C., Isik F. Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019. Vol. 43. P. 1-11. DOI: 10.1111/jfpp.13868.
9. Giri N.A., Gaikwad P., Gaikwad N.N., Manjunatha N., Krishnakumar Th., Kad V., Raigond P., Suryavanshi S., Marathe R.A. Development of fiber-enriched muffins using pomegranate peel powder and its effect on physico-chemical properties and shelf life of the muffins // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. Vol. 104. P. 2346-2358. DOI: 10.1002/jsfa.13138.
10. Chan C.L., Gan R.Y., Shah N.P., Corke H. Enhancing antioxidant capacity of *Lactobacillus acidophilus*-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts // *Food Bioscience*. 2018. Vol. 26. P. 185-192. DOI: 10.1016/j.fbio.2018.10.016.
11. Cam M., Icyer N.C., Erdogan F. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development // *LWT – Food Science and Technology*. 2014. Vol. 55. P. 117-123. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.011.

12. Aguilar-Méndez M.A., Campos-Arias M.P., Quiroz-Reyes C.N., Ronquillo-de Jesús E., Cruz-Hernández M.A. Fruit peels as sources of bioactive compounds with antioxidant and antimicrobial properties // *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*. 2020. Vol. 52. № 1. P. 360-371. URL: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2945> (дата обращения 27.08.2025).
13. Mahajan D., Bhat Z.F., Kumar S. Pomegranate (*Punica granatum*) rind extract as a novel preservative in cheese // *Food Bioscience*. 2015. Vol. 12. P. 47-53. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.07.005.
14. Sandhya S., Khamrui K., Prasad W., Kumar M.C.T. Preparation of pomegranate peel extract powder and evaluation of its effect on functional properties and shelf life of curd // *LWT*. 2018. Vol. 92. P. 416-421. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.02.057.
15. Qin, Y.Y. Zhang Z.H., Li L., Xiong W., Shi J.Y., Zhao T.-R., Fan J. Antioxidant effect of pomegranate rind powder extract, pomegranate juice, and pomegranate seed powder extract as antioxidants in raw ground pork meat // *Food Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 22. P. 1063-1069. DOI: 10.1007/s10068-013-0184-8.
16. Chen J., Liao C., Ouyang X., Kahramanoğlu I., Gan Y., Li M. Antimicrobial activity of pomegranate peel and its applications on food preservation // *Journal of Food Quality*. 2020. Vol. 16. P. 1-8. DOI: 10.1155/2020/8850339.
17. Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 129. P. 1120-1126. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.068.
18. Basiri S., Shekarforoush S.S., Aminlari M., Akbari S. The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage // *LWT*. 2015. Vol. 60. P. 1025-1033. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.10.043.
19. Martínez L., Castillo J., Ros G., Nieto G. Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary, pomegranate and olive extracts in fish patties // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8. P. 86. DOI: 10.3390/antiox8040086.
20. Baniasadi H., Fathi Z., Lizundia E., Cruz Cr.D., Abidnejad R., Fazeli M., Tammela P., Kontturi E., Lipponen J., Niskanen J. Development and characterization of pomegranate peel extract-infused carboxymethyl cellulose composite films for functional, sustainable food packaging // *Food Hydrocolloids*. 2025. Vol. 158. P. 110525. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2024.110525.
21. Малинин А.В., Потороко И.Ю., Руськина А.А. Разработка ультразвуковой технологии получения биоматериалов-сенсоров для упаковки пищевых продуктов // *Индустрия питания*. 2024. Т. 9. № 4. С. 5-12. DOI: 10.29141/2500-1922-2024-9-4-1.
22. Nabeel A. H., Yong Y., Wang S., Munawar N., Zhu J. Development of novel carboxymethyl cellulose/gelatin-based edible films with pomegranate peel extract as antibacterial/antioxidant agents for beef preservation // *Food Chemistry*. 2024. Vol. 443. P. 138511. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.138511.
23. Ghorbanlou S., Mahmoudi R., Ghajarbeygi P., Shahsavari S., Mehrabi A., Kazemini M. Investigate microbial, chemical properties and sensory evaluation of ostrich meat in bilayer films containing pomegranate peel powder during refrigerated storage, as an active packaging // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023. Vol. 12. P. 1-5. DOI: 10.55251/jmbfs.6191.
24. Mushtaq M., Gani A., Punoo H.A., Masoodi F.A. Use of pomegranate peel extract incorporated zein film with improved properties for prolonged shelf life of fresh Himalayan cheese (Kalari/kradi) // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 48. P. 25-32. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.04.020.
25. Venkatesh A., Sutariya H. Studies on formulation and properties of fruit peel waste incorporated edible film and its effect on quality of bread // *Journal of Packaging Technology and Research*. 2019. Vol. 3. P. 99-108. DOI: 10.1007/s41783-019-00062-z.
26. Gull A., Bhat N., Wani S.M., Masoodi F.A., Amin T., Ganai Sh. A. Shelf life extension of apricot fruit by application of nanochitosan emulsion coatings containing pomegranate peel extract // *Food Chemistry*. 2021. Vol. 349. P. 129149. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129149.
27. Kharchoufi S., Parafati L., Licciardello F., Muratore G., Hamdi M., Cirvilleri G., Restuccia C. Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges // *Food Microbiology*. 2018. Vol. 74. P. 107-112. DOI: 10.1016/j.fm.2018.03.011.