

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-355-361>

Поступила 11.06.2025

Поступила после рецензирования 12.08.2025

Принята в печать 18.08.2025

© Посокина Н. Е., Захарова А. И., 2025

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СЪЕДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ

Посокина Н. Е.*, Захарова А. И.

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования,
Видное, Московская область, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

съедобные
покрытия, фрукты,
овощи, качество,
сроки годности,
хранимоспособность

В современном мире возрастает интерес к производству и потреблению продуктов питания с минимальной обработкой. Потребители все чаще отдают предпочтение свежим овощам и фруктам, т. к. употребление этих продуктов связано с многочисленными преимуществами для здоровья. Фрукты и овощи являются богатым источником фитохимических веществ, обладающих противовоспалительными, антиоксидантными и фитоэстрогенными свойствами. В связи с этим для производителей первостепенной задачей становится максимальное сохранение свежести и полезных свойств фруктов и овощей в течение длительного периода хранения. Фрукты и овощи относятся к категории скоропортящихся продуктов, поскольку немногие из них способны долго сохранять свои качества при комнатной температуре. Потребители стремятся приобретать высококачественные продукты с длительным сроком годности, не содержащие химические консерванты. В качестве замены традиционной пластиковой упаковке все большую популярность приобретают съедобные покрытия. Тонкий защитный слой съедобных покрытий способствует увеличению срока хранения продуктов после сбора урожая, обработки, транспортировки и хранения. Благодаря своим свойствам, эти покрытия предотвращают порчу и обезвоживание продуктов, сохраняют их качество и органолептические характеристики. Они не оказывают влияния на пищевую ценность фруктов и овощей, но могут быть модифицированы путем добавления ингредиентов, улучшающих их пищевую ценность. Важное преимущество съедобных покрытий — возможность введения в полимерную структуру активных веществ, которые улучшают органолептические характеристики продукта и употребляются вместе с ним. Целью данного обзора являлось рассмотрение видов материалов, методов применения съедобных покрытий для улучшения качества фруктов и овощей и для продления срока годности после сбора урожая.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследования проводились в рамках государственного задания ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН FGUS-2024-0004.

Received 11.06.2025

Accepted in revised 12.08.2025

Accepted for publication 18.08.2025

© Posokina N. E., Zakharova A. I., 2025

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

MODERN APPROACHES TO THE USE OF EDIBLE COATINGS FOR VEGETABLES AND FRUITS

Natalia E. Posokina*, Anna I. Zakharova

All-Russian Scientific Research Institute of Preservation Technology, Vidnoe, Moscow region, Russia

KEY WORDS:

edible coatings, fruits,
vegetables, quality,
shelf life, storage
ability

ABSTRACT

In the modern world, there is a growing interest in the production and consumption of minimally processed food products. Consumers increasingly prefer fresh vegetables and fruits, as the consumption of these products is associated with numerous health benefits. Fruits and vegetables are a rich source of phytochemicals with anti-inflammatory, antioxidant and phytoestrogenic properties. In this regard, the primary task for producers is to maximize the freshness and beneficial properties of fruits and vegetables over a long shelf life. Fruits and vegetables are classified as perishable products, since only a few of them can retain their qualities for a long time at room temperature. Consumers strive to purchase high-quality products with a long shelf life that do not contain chemical preservatives. Edible coatings are becoming increasingly popular as a replacement for traditional plastic packaging. A thin protective layer of edible coatings helps to increase the shelf life of products after harvesting, processing, transportation and storage. Due to their properties, these coatings prevent spoilage and dehydration of products, preserve their quality and organoleptic characteristics. They do not affect the nutritional value of fruits and vegetables, but can be modified by adding ingredients that improve their nutritional value. An important advantage of such coatings is the ability to introduce various active substances into the polymer structure, which are subsequently consumed with the product, improving its organoleptic characteristics. The purpose of this review was to consider the types of materials, methods of using edible coatings to improve the quality of fruits and vegetables and extend shelf life after harvest.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FGUS-2024-0004 of the state assignment of the V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

В современном мире набирает популярность производство и потребление минимально переработанных продуктов питания. С изменением образа жизни фокус внимания покупателей все чаще переключается на свежие фрукты и овощи. Потребление фруктов и овощей связано с различными преимуществами для здоровья че-

ловека. Их можно употреблять как в свежем, так и в переработанном виде [1,2,3,4]. При регулярном употреблении фруктов и овощей снижаются риски возникновения ряда хронических заболеваний, таких как рак, ожирение, заболевания сердца и сосудов и др. Фрукты и овощи являются источником фитохимических веществ, которые действуют как противовоспалительные агенты, антиоксиданты

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Посокина, Н. Е., Захарова, А. И. (2025). Современные подходы к использованию съедобных покрытий овощей и фруктов. *Пищевые системы*, 8(3), 355–361. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-355-361>

FOR CITATION: Posokina, N. E., Zakharova, A. I. (2025). Modern approaches to the use of edible coatings for vegetables and fruits. *Food Systems*, 8(3), 355–361. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-3-355-361>

и фитоэстрогены [5]. В связи с этим для производителей основной задачей становится максимальное сохранение нативных свойств свежих фруктов и овощей в течение длительного времени хранения [1,2]. Свежие фрукты и овощи считаются скоропортящимися, потому что очень немногие из них могут храниться долго при комнатной температуре. Большинство из них имеют срок годности от нескольких дней до нескольких недель и должны храниться в охлажденных условиях [6]. Также значительные потери происходят из-за физических и механических повреждений и неадекватных условий хранения. Качество фруктов и овощей связано с такими факторами, как климатические условия, предуборочные условия, зрелость при сборе урожая, сортовые особенности [7,8]. Решение проблемы послеуборочных потерь фруктов и овощей остается серьезной задачей в сельском хозяйстве. Из-за порчи на различных этапах обработки после сбора урожая теряется более 20–22% от общего объема производства фруктов [9,10]. Эти потери, часто достигающие 50% в развивающихся странах, в первую очередь обусловлены природой садовых культур, содержащих большое количество влаги и обладающих высокой ферментативной активностью [11]. Их короткие сроки хранения обусловлены такими процессами, как транспирация, дыхание и созревание, которые приводят к ухудшению качества, а также к значительным экономическим потерям. Несоблюдение правил хранения, неправильная обработка и транспортировка усугубляют эти потери, подчеркивая необходимость эффективных стратегий управления после сбора урожая. Без соответствующих технологий хранения, упаковки, транспортировки и обработки значительные объемы продукции выбрасываются [12]. Правильно подобранный метод хранения и контроль качественных параметров фруктов и овощей, таких как потеря веса, содержание воды, цвет, твердость, состав атмосферы, будут способствовать продлению их срока годности [13,14,15]. Состав атмосферы в процессе сбора урожая, температура, относительная влажность и степень заражения микроорганизмами существенно влияют на их срок годности [16]. Также присутствие патогенных микроорганизмов на поверхности способствует заражению мякоти плода. Высокие уровни питательных элементов и сахаров делают их особенно восприимчивыми к заражению и приводят к разрушению текстуры, к появлению неприятного привкуса и к потемнению. Такие биологические факторы, как дыхание, выработка этилена и устойчивость к диффузии воды, зависят от физиологической стадии сбора урожая и условий хранения, от вида и сорта фруктов и овощей. Изменение соотношения между потреблением кислорода и выработкой углекислого газа после сбора урожая приводит к тому, что клетки больше не обновляются, но при этом скорость газообмена увеличивается, увеличивается. Это вызывает метаболические изменения, приводящие к быстрой порче продукта и к снижению пищевой ценности [17,18].

Замедление процессов созревания, высыхания и старения, а также подавление роста микробов способствуют продлению срока хранения фруктов и овощей после сбора [17,19]. При этом упаковка играет ключевую роль в продлении срока годности скоропортящихся продуктов на этапах сбора урожая, его упаковки и транспортировки [20,21]. Традиционные упаковочные материалы, состоящие из небiorазлагаемых полимеров на основе нефти, создают угрозу для окружающей среды и способствуют истощению невозобновляемых ресурсов [22]. Использование нефти для производства пластика привлекает все большее внимание общественности и приводит к повышению спроса на экологически чистые и безопасные упаковочные материалы. Поиск замены пластиковой упаковки в пищевой промышленности стала необходимостью времени. Съедобные покрытия стали альтернативой обычной пластиковой упаковке [9,20,22,23,24]. Они представляют собой тонкий защитный барьер, который способствует продлению срока годности продуктов питания после сбора урожая, обработки, транспортировки и хранения. Благодаря своим свойствам эти покрытия предотвращают порчу продуктов и обезвоживание, сохраняют качество, цвет, текстуру и вкус. Также они не изменяют пищевую ценность фруктов и овощей, при этом могут быть дополнены добавками, которые способствуют ее повышению [25]. Съедобное покрытие, нанесенное на поверхность, можно считать составной частью продукта, поскольку его можно употреблять в пищу. Применение съедобных покрытий является экологически безопасным, так как их производство минимизирует выбросы загрязняющих веществ [2,9]. При выборе продуктов питания покупателями внешний вид является наиболее важным фактором. Очевидная роль съедобного покрытия заключается в том, чтобы служить механическим барьером для пищевых продуктов. Съедобные покрытия являются перспективной технологией сохранения фруктов и овощей, повышающей безопасность и защищающей органолептические и питательные качества растительных объектов [26,27].

Задачи данного исследования — проанализировать виды съедобных покрытий, сферу их применения и перспективы развития в пищевой промышленности.

2. Материалы и методы

Объектами исследования выступали нормативные документы и научные работы российских и иностранных авторов, посвященные применению съедобных покрытий для увеличения хранимостности растительных объектов. Поиск данных осуществлялся с использованием платформ eLibrary.ru, Scopus, ResearchGate, а также открытых интернет-источников. Для проведения поиска публикаций использовались различные комбинации ключевых слов, такие как «съедобные покрытия», «растительные объекты», «фрукты», «овощи», «качество» и «срок годности». На этапе отбора материалов исключались те источники, в которых отсутствовали полные тексты научных трудов. Основная масса проанализированных публикаций охватывала временной промежуток с 2018 по 2025 годы.

3. Съедобные покрытия

Съедобные покрытия представляют собой тонкие слои натуральных или синтетических пищевых материалов, наносимые на поверхность продуктов для улучшения их сохранности, внешнего вида и функциональных свойств. Они создают барьер, защищающий от влаги, кислорода, микробов и механических повреждений, а также могут обогащать продукт полезными веществами [28]. Также они призваны улучшить внешний вид продукта. При этом покрытия могут содержать антиоксиданты, витамины, ароматизаторы или пробиотики [29]. На сегодняшний день активно разрабатываются съедобные покрытия с улучшенными свойствами, не уступающими синтетическим материалам. Такие качества, как механическая прочность, прозрачность, легкость и устойчивость к воздействию влаги, делают эти покрытия особенно перспективными. Выполняя роль барьера, они снижают уровень влажности, предотвращая миграцию растворенных веществ, замедляют дыхание, газообмен и скорость окислительных процессов, что позволяет эффективно продлевать срок хранения свежих продуктов [30].

4. Методы нанесения

Съедобные покрытия наносятся различными методами, включая погружение в раствор, распыление или нанесение слоя. Определение наиболее подходящего метода нанесения покрытия для конкретного продукта питания зависит от множества факторов, таких как назначение защитного слоя и свойства поверхности продукта. Основная цель такой обработки заключается в регулировании влагопереноса, газообмена и процессов окисления. Кроме того, съедобные покрытия могут содержать функциональные ингредиенты, которые после нанесения на продукты питания улучшают их безопасность, а также питательные и органолептические характеристики. При использовании таких покрытий для фруктов или овощей необходимо учитывать их качественные параметры, включая органолептические свойства, степень микробной нагрузки, цвет, твердость и пищевую ценность. Также перед нанесением покрытия необходимо учесть такие особенности, как степень созревания и порчи обрабатываемого продукта. Эти показатели зависят от специфики конкретного вида продукта и условий его хранения [22].

Методы нанесения покрытий различаются по своей эффективности, причем у каждого из них есть как преимущества, так и недостатки [31]. Погружение — простой и распространенный способ нанесения покрытий на фрукты или овощи, используемый при высокой вязкости раствора покрытия. Этот метод проводится путем погружения продукта в раствор на период времени от 5 до 30 секунд, при этом контролируются показатели плотности и поверхностного натяжения [32]. Первый шаг включает в себя погружение и выдержку, при котором продукт помещают в раствор покрытия и оставляют в нем на определенное время. Затем следует процесс осаждения, в ходе которого раствор прикрепляется к поверхности продукта. Второй этап — испарение растворителя, что приводит к образованию тонкого слоя покрытия на поверхности продукта (Рисунок 1).

На качество покрытия, полученного данным методом, влияют разнообразные факторы. Среди них можно выделить количество циклов нанесения, скорость извлечения продукта из раствора и время погружения. Также немаловажную роль играют характеристики самого раствора покрытия, такие как его плотность, вязкость и величина поверхностного натяжения. Условия сушки и свойства поверхности продукта оказывают существенное влияние на плотность и структуру образующегося покрытия. Одной из главных проблем этого метода является риск получения неравномерного покрытия.

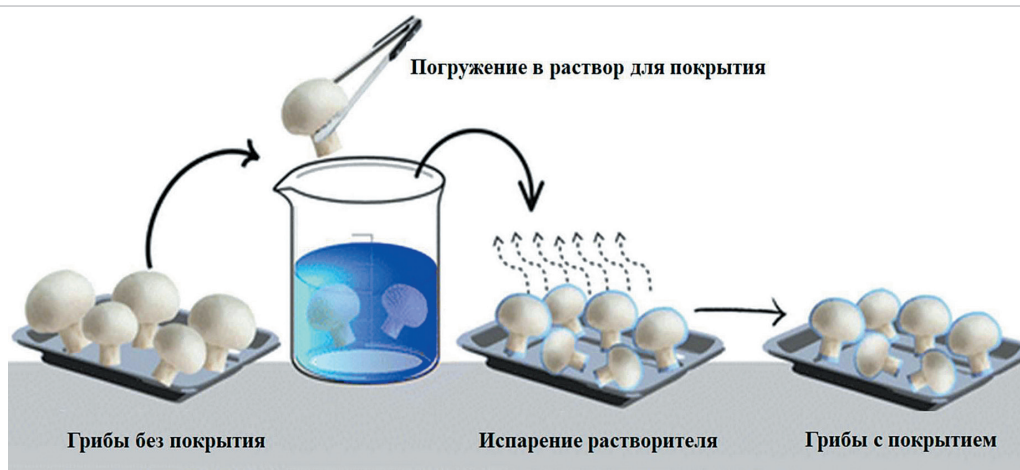


Рисунок 1. Этапы метода погружения для нанесения съедобного покрытия (адаптировано из [31])
Figure 1. Stages of the dipping method for application of edible coating (adapted from [31])

Это может привести к образованию участков, через которые продукт «дышит», а также к повреждению его поверхности. Еще одним недостатком считается потребность в значительном объеме раствора покрытия, что усложняет достижение оптимального результата. Продолжительность погружения в раствор играет важную роль, поскольку длительное воздействие может привести к избыточному поглощению влаги, а недостаточное время контакта — к неравномерному нанесению покрытия. Метод погружения показал, что покрытия из алоэ вера с добавлением салициловой кислоты эффективно сохраняют фенольные соединения, твердость и массу апельсинов, одновременно обеспечивая противомикробное действие. Кроме того, обнаружено, что композитное покрытие с экстрактом листьев лотоса продлевает срок хранения свежих ягод годжи, замедляя процессы разложения и снижая содержание малонового диальдегида; при этом наноземлюли из альгината натрия и цитрала, применяемые для ананасов, обеспечивают замедление роста микроорганизмов, снижение интенсивности дыхательной активности и сохранение цвета [33–35].

Растворы с низкой вязкостью, пригодные для распыления под высоким давлением, целесообразно наносить методом распыления (Рисунок 2). Такой способ позволяет контролировать размер образующихся капель раствора. Параметры процесса зависят от толщины распылителя, температуры сопла, скорости воздушного и жидкостного потоков, влажности поступающего воздуха и от самого раствора, а также от времени сушки и от температуры [36]. Стандартные распылители могут формировать мелкодисперсные аэрозоли с размером капель до 20 мкм. Одним из главных преимуществ этого метода является увеличение площади поверхности жидкого покрытия за счет образования мелких капель и их равномерного распределения по поверхности [31].

В разных отраслях промышленности используются различные методы распыления, включая распыление под давлением, аэрозольное распыление и безвоздушное аэрозольное распыление. Каждый из этих методов отличается принципом работы и приводит к разным результатам. Среди наиболее популярных видов распылительных устройств особое внимание уделяется пневматическим и гидравлическим форсункам [31]. Для создания микро- и субмикрокапель

со строго контролируемым размером используют метод электрораспыления. Заряд и размер капель могут быть скорректированы методом электрического воздействия. Перемещение заряженных капель поддается управлению посредством электрического поля. Например, съедобное покрытие, созданное на основе ксантановой камеди с добавлением лимонной кислоты и глицерина, было успешно нанесено на срезы корней лотоса с использованием метода распыления. Результаты показали значительное сохранение цвета обработанных корней во время хранения, также эффективное подавление ферментативного потемнения [38].

Также существует метод сшивания, который объединяет методы погружения и распыления (Рисунок 3). Сшивание полимерных цепей осуществляется через ковалентные и нековалентные связи. Для увеличения устойчивости и уплотнения покрытия обычно используют сшивающий агент. Эти покрытия имеют ряд преимуществ, включая улучшенные механические характеристики и высокую химическую и термическую устойчивость. Такой подход считается эффективным для биополимерных материалов, изготовленных на основе полисахаридов или белков.

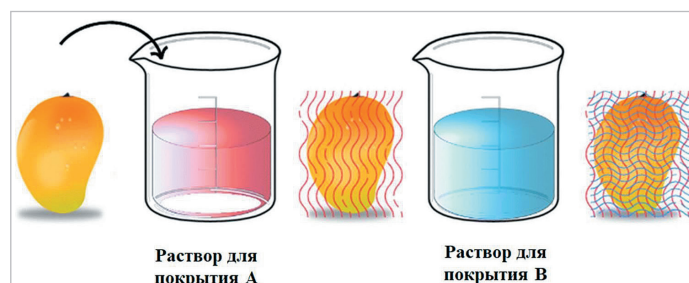


Рисунок 3. Метод сшивания съедобного покрытия (адаптировано из [31])

Figure 3. Cross-linking method for edible coating (adapted from [31])

Независимо от выбранного метода нанесения, на поверхности продукта формируется тонкое покрытие, которое действует как полупроницаемая мембрана. Такие покрытия уменьшают скорость газообмена и становятся основой для новых упаковочных материалов, позволяя продлить сроки хранения пищевых продуктов.

5. Материалы

Материалы, используемые для создания съедобных покрытий, изготавливаются на основе полисахаридов, липидов или белков (Рисунок 4).

Полисахариды представляют собой натуральные полимеры, широко применяемые при изготовлении съедобных покрытий и пленок. Полисахаридные покрытия чаще всего производят на основе пектина, декстрина, хитозана, целлюлозы, крахмала, альгината и камедей [39]. Эти соединения являются ключевыми компонентами покрытий, которые эффективно препятствуют проникновению кислорода благодаря своей упорядоченной структуре и наличию водородных связей. Тем не менее из-за своей гидрофильной природы полисахариды обладают ограниченной способностью создавать сильную паронепроницаемость [37].

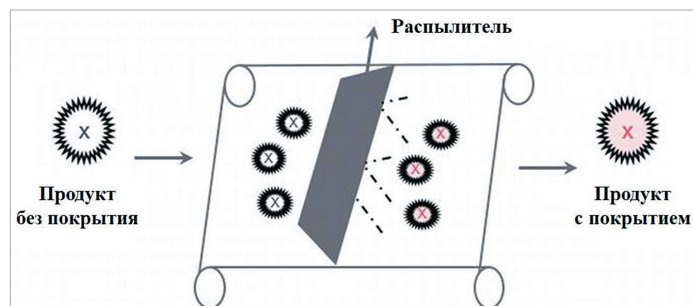


Рисунок 2. Метод распыления для нанесения съедобного покрытия (адаптировано из [37])

Figure 2. Spraying method for application of edible coating (adapted from [37])



6. Покрытия на основе полисахаридов

6.1. Хитозан

Хитозан является одним из полисахаридов, часто применяемых для создания защитных покрытий на фруктах и овощах, таких как папайя, перец и другие [39,40]. Этот биополимер выделяется среди природных материалов благодаря своей антимикробной активности и биосовместимости, что делает его одним из наиболее перспективных в данной области [41,42]. Покрытие из хитозана способно образовывать барьер, который снижает испарение влаги, интенсивность дыхания и риск заражения микроорганизмами. Например, установлено, что покрытие с концентрацией 0,5 % позволяет сохранять качество черешни и усиливать активность антиоксидантных ферментов на протяжении 24 дней при температуре 10 °C. Кроме того, применение покрытия на основе хитозана и желатина увеличивает срок годности черешни примерно на 10 дней по сравнению с образцами без обработки при температуре 0 °C. Введение натамицина в состав покрытия способно значительно снизить уровень дрожжей и плесневых грибов [43,44,45]. Обработка аскорбиновой кислотой перед нанесением хитозанового покрытия значительно повышает активность антиоксидантных ферментов, что помогает снизить уровень окислительного стресса [46]. В результате удается сохранить содержание сахаров, а также цвет папайи в процессе хранения. Таким образом, сочетание аскорбиновой кислоты и хитозанового покрытия доказало свою эффективность в поддержании качества папайи и в замедлении процессов старения пищевого продукта [47,48].

6.2. Крахмал

Крахмал представляет собой полисахарид, состоящий из амилозы и амилопектина. Благодаря своей доступности, крахмал широко применяется в создании покрытий для пищевых продуктов. Проведено множество исследований, направленных на улучшение физико-химических характеристик съедобных покрытий на основе крахмала. Покрытия на основе крахмала не имеют запаха и цвета. Их характеризует низкая способность пропускать кислород, а также матовая и немаслянистая поверхность, что способствует замедлению дыхательных процессов у свежих фруктов и овощей [31,49].

6.3. Гуммиарабик

Для формирования съедобных покрытий часто применяют гуммиарабик, натуральный полимер на основе полисахаридов, востребованный в различных отраслях [50]. Основным источником гуммиарабика служат стволы и побеги двух разновидностей акации: *Acacia senegal* и *Acacia seyal*. Состав и характеристики, как физические, так и химические, варьируются в зависимости от конкретного вида [26,51,52,53,54]. Этот гидроколлоидный полисахарид отличается высокой растворимостью и низкой вязкостью. Он востребован в качестве эффективного эмульгатора, стабилизатора и связующего

агента. Использование гуммиарабика в качестве пищевого покрытия представляет собой инновационный подход к упаковке, направленный на уменьшение потерь после сбора урожая и на увеличение периода хранения плодоовощной продукции [26,55].

6.4. Камеди

Камеди также используют для создания съедобных покрытий [56,57]. Благодаря наличию естественных антимикробных и антиоксидантных компонентов в трагакантовой камеди, ее часто применяют в качестве съедобного покрытия для увеличения срока хранения и поддержания качества томатов и абрикосов после сбора урожая. Это натуральный безопасный и нетоксичный полисахарид. В пищевой промышленности его используют как стабилизатор, эмульгатор, загуститель и жирозаменитель [58,59]. Также использование трагакантовой камеди в качестве покрытия показало, что это перспективный метод продления свежести и срока хранения сладкого перца. После 28-дневного хранения при температуре 8 °C перцы, обработанные данным покрытием, демонстрировали меньшую убыль массы и повышенную упругость. Благодаря способности продлевать срок годности продукта, трагакантовая камедь перспективна для коммерческого использования. Также она обладает высокой эффективностью даже при низких концентрациях [60].

Карбоксиметилцеллюлоза, или целлюлозная камедь — это производное целлюлозы, полученное путем модификации, при которой к молекуле целлюлозы присоединяются карбоксиметильные группы. Исследования показали, что обработка персиков и груш эмульсиями на основе карбоксиметилцеллюлозы увеличивает их срок годности до 12 и 16 дней соответственно. КМЦ как гидрофильный полимер был эффективно использован для создания защитных покрытий на этих фруктах [7,61–63].

Применение ксантановой камеди для покрытий корнеплодов лотоса выявило ее способность подавлять рост бактерий *Bacillus subtilis* [64–66].

7. Покрытия на основе белков

Для создания пищевого покрытия на основе белков используют животные белки, такие как коллаген, казеин, желатин и яичный альбумин. Также применяются растительные белки, получаемые из кукурузы, пшеницы, сои, хлопка и арахиса. Эти покрытия эффективно защищают от проникновения газов и помогают удерживать влагу.

7.1. Глютен

Глютен представляет собой гидрофобный белок, чаще всего содержащийся в пшенице. Используется для создания съедобных покрытий благодаря своей доступности и низкой стоимости. Такие покрытия отличаются хорошей прозрачностью, а также обладают отличными механическими и барьерными свойствами. Особенности

структуры глутена играют важную роль в формировании пленкообразующих свойств покрытия.

7.2 Сыворотка и казеин

Казеины обладают способностью создавать пленки, устойчивые к изменениям pH, температуры и концентрации соли. Такие казеиновые пленки могут использоваться как носители пищевых добавок, включая антиоксиданты, красители или антибактериальные вещества. Для изготовления съедобных казеиновых пленок применяются водные растворы казеината, которые затем высушиваются. В то же время полимеризованные сывороточные белки находят применение в качестве загустителей. Молочные белки способны формировать гибкие, прозрачные и нейтральные на вкус пленки. Для повышения водостойкости казеиновых пленок в качестве сшивающего агента использовалось полифенольное соединение дубильной кислоты, а в пленки на основе сыворотки добавляли миндальное масло [67–69].

8. Покрытия на основе липидов

Липидные покрытия применяются для большинства пищевых продуктов. Они помогают уменьшить перенос влаги между компонентами с низкой активностью воды.

8.1. Воск и парафин

Из-за своих гидрофобных свойств парафин и пчелиный воск являются наиболее часто применяемыми липидными покрытиями. Они нерастворимы в воде, при этом они растворимы в бензоле, гексане и хлороформе. Это свойство помогает покрытиям блокировать доступ газов, способных повредить ткани пищевых продуктов и усилить процесс потери влаги [70]. Из листьев бразильской пальмы

получают карнаубский воск. Его относят к категории восков GRAS (англ. Generally recognized as safe, «общепризнанно безопасно»), что делает его пригодным для использования в пищевой промышленности. Он является самым твердым среди известных восков [71].

9. Выводы

В настоящее время разработка инновационных технологий, направленных на совершенствование методов обработки фруктов и овощей после сбора урожая, а также продуктов с минимальной обработкой, приобрела первостепенное значение. Потери фруктов и овощей после сбора урожая существенно ограничивают доступность пищевых продуктов и приводят к ощутимым финансовым убыткам. Возрастают требования к применению экологических методов послеуборочной обработки фруктов и овощей, а также предпочтения потребителей к продуктам с минимальной обработкой. В связи с этим съедобные покрытия представляют собой перспективное технологическое решение, позволяющее увеличить срок хранения пищевых продуктов, предотвращая их преждевременную порчу. Эти покрытия предоставляют альтернативу обычным упаковочным материалам, сохраняют качественные характеристики продуктов питания, способствуют минимизации потерь после сбора урожая и улучшению функциональных характеристик продуктов питания. Указанные свойства подтверждают значимость съедобных покрытий в качестве экологически чистого и многофункционального решения для продления срока годности пищевых продуктов. При применении съедобных покрытий существует возможность повышения пищевой ценности фруктов и овощей за счет внедрения различных функциональных компонентов в полимерную структуру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Cosme, F., Pinto, T., Aires, A., Morais, M. C., Bacelar, E., Anjos, R. et al. (2022). Red fruits composition and their health benefits — a review. *Foods*, 11(5), Article 644. <https://doi.org/10.3390/foods11050644>
- Gammage, S., Marangoni, A. G. (2025). Safety of edible coatings on fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(2), Article e70108. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70108>
- Посокина, Н. Е., Захарова, А. И. (2023). Современные нетермические способы обработки растительного сырья, применяемые для увеличения его храниспособности. *Пищевые системы*, 6(1), 4–10. [Posokina, N. E., Zakharova, A. I. (2023). Modern non-thermal method of processing plant raw materials used to increase its storability. *Food Systems*, 6(1), 4–10. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-4-10>
- Miteluț, A. C., Popa, E. E., Draghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O. C. et al. (2021). Latest developments in edible coatings on minimally processed fruits and vegetables: A review. *Foods*, 10(11), Article 2821. <https://doi.org/10.3390/foods10112821>
- Yahia, E. M., García-Solís, P., Celis M. E. M. (2019). Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. Chapter in a book: *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Woodhead Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00002-6>
- Kirci, M., Isaksson, O., Seifert, R. (2022). Managing perishability in the fruit and vegetable supply chains. *Sustainability*, 14(9), Article 5378. <https://doi.org/10.3390/su14095378>
- Hazarika, T. K., Lalhriatpuia, C., Ngurthangkumi, R., Lalruatsangi, E., Lalhmachhuan, H. (2023). Edible coatings in extending the shelf life of fruits: A review. *Indian Journal of Agricultural Research*, 57(5), 555–558. <https://doi.org/10.18805/IJAR.A-5725>
- Kunwar, A., Bist, D. R., Khatri, L., Dhami, R., Joshi, G. R. (2024). Optimizing post-harvest handling practices to reduce losses and enhance quality of fruits and vegetables. *Food and Agri Economics Review (FAER)*, 4(2), 78–82. <http://doi.org/10.26480/faer.02.2024.78.82>
- Sandarani, M. D. J. C., Dasanayaka, D. C. M. C. K., Jayasinghe, C. V. L. (2018). Strategies used to prolong the shelf life of fresh commodities. *Journal of Agricultural Science and Food Research*, 9(1), Article 1000206.
- Pan, J.-N., Sun, J., Shen, Q.-J., Zheng, X., Zhou, W.-W. (2025). Fabrication, properties, and improvement strategies of edible films for fruits and vegetables preservation: A comprehensive review. *Food Innovation and Advances*, 4(1), 43–52. <https://doi.org/10.48130/fia-0025-0003>
- Neme, K., Nafady, A., Uddin, S., Tola, Y. B. (2021). Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: Food security implication and challenges. *Heliyon*, 7(12), Article e08539. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08539>
- Elik, A., Yanik, D. K., Istanbulu, Y., Guzelsoy, N. A., Yavuz, A., Gogus, F. (2019). Strategies to reduce post-harvest losses for fruits and vegetables. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(3), 29–39. <https://doi.org/10.7176/IJSTR/5-3-04>
- Sanjay, P., Saxena, D., Kazimi, R. (2022). Enhancing shelf life of fresh fruits by the application of different edible coatings. *The Pharma Innovation Journal*, 11(58), 626–632.
- Adhikary, T., Singh, S., Sinha, A., Gill, P. P. S. (2020). Recent advances in packaging and edible coating for shelf life enhancement in fruit crops. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 39(16), 116–133. <https://doi.org/10.9734/cjast/2020/v39i1630744>
- Rajial, H., Varma, S. (2024). Edible coatings: A novel approach to extending the shelf life of fruits and vegetables. *Journal of Advances in Biology and Biotechnology*, 27(7), 25–37. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i7963>
- Sapper, M., Palou, L., Pérez-Gago, M. B., Chiralt, A. (2019). Antifungal starch-gellan edible coatings with thyme essential oil for the postharvest preservation of apple and persimmon. *Coatings*, 9(5), Article 333. <https://doi.org/10.3390/coatings9050333>
- Dhall, R. K. (2013) Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Tang, Y., Mao, R., Guo, S. (2020). Effects of LED spectra on growth, gas exchange, antioxidant activity and nutritional quality of vegetable species. *Life Sciences in Space Research*, 26, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2020.05.002>
- Hassanzadeh, H., Ahmed, S. A., Qadir, N. S. H. (2025). Application of the active edible film reinforced with nanoparticles and nanoemulsions as the coating systems to improve the quality and shelf life of fruits and vegetables. *Journal of Nanotechnology*, 2025(1), Article 7036931. <https://doi.org/10.1155/jnt/7036931>
- Yadav, V., Pal, D., Poonia, A. K. (2024). Edible coatings for enhancing the shelf-life of foods: Meaningful or myth. *Exon*, 1(2), 38–53. <https://doi.org/10.69936/en09y0024>
- Banu, A. T., Murugan, A., Lakshmi, D. S. (2022). Edible coatings to enhance shelf life of fruits and vegetables: A mini-review. *Current Nutrition and Food Science*, 18(6), 525–538. <https://doi.org/10.2174/1573401318666220303161527>
- Miteluț, A. C., Popa, E. E., Drăghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O. C. et al. (2021). Latest developments in edible coatings on minimally processed fruits and vegetables: A review. *Foods*, 10(11), Article 2821. <https://doi.org/10.3390/foods10112821>
- Chettri, S., Sharma, N., Mohite, A. M. (2023). Edible coatings and films for shelf-life extension of fruit and vegetables. *Biomaterials Advances*, 154, Article 213632. <https://doi.org/10.1016/j.bioadv.2023.213632>
- Suresh, S. N., SenthilKumar, P., Pushparaj, C., Sarangi, P. K., Regina, V. R., Subramani, R. (2024). Almond gum-chitosan nanocomposite as edible formulation for advancing postharvest longevity of fruits and vegetables. *Polymers for Advanced Technologies*, 35(6), Article e6453. <https://doi.org/10.1002/pat.6453>
- Liyanapathirana, A., Dassanayake, R. S., Gamage, A., Karri, R. R., Manamperi, A., Evon, P. (2023). Recent developments in edible films and coatings for fruits and vegetables. *Coatings*, 13(7), Article 1177. <https://doi.org/10.3390/coatings13071177>
- Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., Yusuf, A. A. (2023). Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry Advances*, 2, Article 100251. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100251>
- de Oliveira, K. A. R., Fernandes K. F. D., de Souza, E. L. (2021). Current advances on the development and application of probiotic-loaded edible films and coatings for the bioprotection of fresh and minimally processed fruit and vegetables. *Foods*, 10(9), Article 2207. <https://doi.org/10.3390/foods10092207>
- Perez-Vazquez, A., Barciela, P., Carpena, M., Prieto, M. (2023). Edible coatings as a natural packaging system to improve fruit and vegetable shelf life and quality. *Foods*, 12(19), Article 3570. <https://doi.org/10.3390/foods12193570>
- Momin, M., Jamir, A. R., Ankalagi, N., Henny, T., Devi, O. B. (2021). Edible coatings in fruits and vegetables: A brief review. *The Pharma Innovation Journal*, 10(7), 71–78.
- Patil, V., Shams, R., Dash, K. K. (2023). Techno-functional characteristics, and potential applications of edible coatings: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, Article 100886. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100886>

31. Gupta, D., Lall, A., Kumar, S., Patil, T. D., Gaikwad, K. K. (2024). Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: Recent advances, applications, and trends. *Sustainable Food Technology*, 2(5), 1428–1455. <https://doi.org/10.1039/D4FB00110A>
32. Valdes, A., Burgos, N., Jimenez, A., Garrigos, M. (2015). Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 5(4), 865–886. <https://doi.org/10.3390/coatings5040865>
33. Fan, X.-J., Zhang, B., Yan, H., Feng, J.-T., Ma, Z.-Q., Zhang, X. (2019). Effect of lotus leaf extract incorporated composite coating on the postharvest quality of fresh goji (*Lycium Barbarum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 148, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.10.020>
34. Prakash, A., Baskaran, R., Vadivel V. (2020). Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. *LWT*, 118, Article 108851. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>
35. Priya, K., Thirunavookarasu, N., Chidanand, D. V. (2023). Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, Article 100623. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100623>
36. Lara, G., Yakoubi, S., Villacorta, C. M., Uemura, K., Kobayashi, I., Takahashi, C. et al. (2020). Spray technology applications of xanthan gum-based edible coatings for fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera*). *Food Research International*, 137, Article 109723. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109723>
37. Owusu-Akyaw Oduro, K. (2022). Postharvest Technology – Recent Advances, New Perspectives and Applications. IntechOpen, 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101283>
38. Lipin, A. A., Lipin, A. G. (2022). Prediction of coating uniformity in batch fluidized-bed coating process. *Particuology*, 61, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2021.03.010>
39. Бурак, Л. Ч. (2024). Использование современных технологий обработки для увеличения срока хранения фруктов и овощей. Обзор предметного поля. *Ползуновский вестник*, 1, 99–119. [Burak, L. Ch. (2024). Use of modern processing technologies to increase the storage life of fruit and vegetables. Review of the subject field. *Polzunovskiy VESTNIK*, 1, 99–119 (In Russian)]. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.013>
40. Popescu, P.-A., Palade, L. M., Nicolae, I.-C., Popa, E. E., Mitelut, A. C., Drăghici, M. C. et al. (2022). Chitosan-based edible coatings containing essential oils to preserve the shelf life and postharvest quality parameters of organic strawberries and apples during cold storage. *Foods*, 11(21), Article 3317. <https://doi.org/10.3390/foods11213317>
41. Aparna, M., Geetha Lekshmi, P. R. (2024). Chitosan based edible coatings: Enhancing shelf life and quality in fruits and vegetables. *Journal of Advances in Biology and Biotechnology*, 27(11), 178–191. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i111603>
42. Saberi Riseh, R., Vatankehah, M., Hassanisaadi, M., Kennedy, J. F. (2023). Chitosan-based nanocomposites as coatings and packaging materials for the postharvest improvement of agricultural product: A review. *Carbohydrate Polymers*, 309, Article 120666. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120666>
43. Zheng, H., Deng, W., Yu, L., Shi, Y., Deng, Y., Wang, D. et al. (2024). Chitosan coatings with different degrees of deacetylation regulate the postharvest quality of sweet cherry through internal metabolism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254(1), Article 127419. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127419>
44. Chaudhary, S., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R. (2020). Chitosan nanoemulsions as advanced edible coatings for fruits and vegetables: Composition, fabrication and developments in last decade. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 154–170. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.276>
45. Sun, J., Wang, T., Liu, L., Li, Q., Liu, H., Wang, X. et al. (2025). Preparation and application of edible chitosan coating incorporating natamycin. *Polymers*, 17(8), Article 1062. <https://doi.org/10.3390/polym17081062>
46. Zhou, Y., Hu, L., Chen, Y., Liao, L., Li, R., Wang, H. et al. (2022). The combined effect of ascorbic acid and chitosan coating on postharvest quality and cell wall metabolism of papaya fruits. *LWT*, 171, Article 114134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114134>
47. Zhou, Y., Liu, X., Liang, X., Li, H., Lai, J., Liao, Y. et al. (2024). Biochemical and metabolomics analyses reveal the mechanisms underlying ascorbic acid and chitosan coating mediated energy homeostasis in postharvest papaya fruit. *Food Chemistry*, 439, Article 138168. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138168>
48. Saleem, M. S., Anjum, M. A., Naz, S., Ali, S., Hussain, S., Azam, J. F. et al. (2021). Incorporation of ascorbic acid in chitosan-based edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 189, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.051>
49. Seung, D. (2020). Amylose in starch: Towards an understanding of biosynthesis, structure and function. *Open Access*, 228(5), 1490–1504. <https://doi.org/10.1111/nph.16858>
50. Zerbet, I., Benidire, L. (2025). Gum Arabic: A Sustainable Biotechnological Solution to Prolong the Shelf Life and Improve Post-Harvest Quality of Fruits. Chapter in a book: *Green Chemistry, Sustainable Processes, and Technologies*. IGI Global, 2025. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9826-5.ch014>
51. Mugo, E. M., Mahungu, S. M., Chikamai, B. N., Mwove, J. (2020). Evaluation of gum arabic from *Acacia senegal* var *kerensis* and *Acacia senegal* var *senegal* as a stabilizer in low-fat yoghurt. *International Journal of Food Studies*, 9(3), 110–124. <https://doi.org/10.7455/ijfs/9.si.2020.a9>
52. Huang, Q., Wan, C., Zhang, Y., Chen, C., Chen, J. (2021). Gum arabic edible coating reduces postharvest decay and alleviates nutritional quality deterioration of ponkan fruit during cold storage. *Nutrition and Food Science Technology*, 8, Article 717596. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.717596>
53. Kathirvelu, T., Xavier, J. R., Innasimuthu, N., Chauhan, O. P. (2024). Exploring composite edible coatings for shelf life extension and quality preservation of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Future Postharvest and Food*, 1(4), 401–413. <https://doi.org/10.1002/fpf2.12030>
54. Qaiser, H., Khalid, M., Noreen, F. (2024). Impact of natural polysaccharides based edible coatings on postharvest physiology and bioburden of *Lycopersicon esculentum*. *Lahore Garrison University Journal of Life Sciences*, 8(3), 325–340. <https://doi.org/10.54692/agujs.2024.0803349>
55. Fawole, O. A., Riva, S., Silue, Y., Opara, U. L. (2024). Evaluating commercial viability of gum Arabic-based edible coatings for enhancing shelf life of “African Delight™” plum under simulated packhouse conditions. *South African Journal of Botany*, 174, 902–915. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.10.005>
56. Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Mahunu, G. K., Arslan, M., Abdalhai, M., Zhihua, L. (2019). Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate Polymers*, 224, Article 115141. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115141>
57. Salehi, F. (2020). Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review. *International Journal of Fruit Science*, 20(2), S570–S589. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746730>
58. Boamah, P. O., Afoakwah, N. A., Onumah, J., Osei, E. D., Mahunu, G. K. (2023). Physicochemical properties, biological properties and applications of gum tragacanth—a review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5, Article 100288. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100288>
59. Ali, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Ejaz, S., Sardar, H. et al. (2020). Tragacanth gum coating modulates oxidative stress and maintains quality of harvested apricot fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 2439–2447. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.179>
60. Mohebbi, M., Ansarifard, E., Hasanpour, N., Amiryousefi, M. R. (2012). Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3193–3202. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0709-1>
61. Panahirad, S., Dadpour, M., Peighambari, S. H., Soltanzadeh, M., Gullon, B., Alirezalu, K. et al. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 110, 663–673. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.025>
62. Dey, P., Bhattacharjee, S., Yadav, D. K., Hmar, B. Z., Gayen, K., Bhowmick, T. K. (2023). Valorization of waste biomass for synthesis of carboxy-methyl-cellulose as a sustainable edible coating on fruits: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253(7), Article 127412. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127412>
63. Yilmaz, N. (2025). Xanthan gum and carboxymethyl cellulose-based coating maintain postharvest quality and organic acids of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Measure*, 19(5), 3741–3753. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03223-8>
64. Lara, G., Yakoubi, S., Villacorta, C. M., Uemura, K., Kobayashi, I., Takahashi, C. et al. (2020). Spray technology applications of xanthan gum-based edible coatings for fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera*). *Food Research International*, 137, Article 109723. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109723>
65. Mohammadi, M., Rastegar, S., Rohani, A. (2024). Enhancing Mexican lime (*Citrus aurantifolia* cv.) shelf life with innovative edible coatings: Xanthan gum edible coating enriched with *Spirulina platensis* and pomegranate seed oils. *BMC Plant Biology*, 24, Article 906(2024). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05606-3>
66. Chikhala, T., Seke, F., Slabbert, R. M., Sultanbawa, Y., Sivakumar, D. (2024). Utilizing xanthan gum coatings as probiotic bacteria carriers to enhance postharvest quality and antioxidants in fresh-cut cantaloupe and honeydew (*Cucumis melo* L.) melons. *Foods*, 13(6), Article 940. <https://doi.org/10.3390/foods13060940>
67. Mihalca, V., Kerezsi, A. D., Weber, A., Gruber-Traub, C., Schmucker, J., Vodnar, D. C., et al. (2021). Protein-based films and coatings for food industry applications. *Polymers*, 13(5), Article 769. <https://doi.org/10.3390/polym13050769>
68. Galus, S., Kadzińska, J. (2016). Whey protein edible films modified with almond and walnut oils. *Food Hydrocoll*, 52, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.013>
69. Picchio, M. L., Linck, Y. G., Monti, G. A., Gugliotta, L. M., Minari, R. J., Igarzabal, C. I. A. (2018). Casein films crosslinked by tannic acid for food packaging applications. *Food Hydrocoll*, 84, 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.028>
70. Guimarães, M. C., Motta, J. F. G., Madella, D. K. S. F., Moura, L. de A. G., Teodoro, C. E. de S., de Melo, N. R. (2025). Edible coatings used for conservation of minimally processed vegetables: A review. *Research, Society and Development*, 9(8), Article e756986018. <https://doi.org/10.33444/rsd-v9i8.6018>
71. Milani, J. M., Nemati, A. (2022). Lipid-based edible films and coatings: A review of recent advances and applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, 6(1), 11–22. <https://doi.org/10.1007/s41785-021-00130-5>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ		AUTHOR INFORMATION	
Принадлежность к организации		Affiliation	
Посокина Наталья Евгеньевна — кандидат технических наук, заведующая лабораторией, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, Школьная ул., 78 E-mail: n.posokina@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7857-6785 * автор для контактов		Natalia E. Posokina, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Food Canning Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Preservation Technology 78, Shkol'naya Str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia E-mail: n.posokina@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7857-6785 * corresponding author	
Захарова Анна Ивановна — научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, Школьная ул., 78 E-mail: a.zaharova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2336-1816		Anna I. Zakharova, Researcher, Laboratory of Food Canning Technology, All-Russian Scientific Research Institute of Preservation Technology 78, Shkol'naya Str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia E-mail: a.zaharova@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2336-1816	
Критерии авторства		Contribution	
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.		The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.	
Конфликт интересов		Conflict of interest	
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.		The authors declare no conflict of interest.	