

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>
УДК 635.64:[633.366:678.048]



Использование экстрактов *Melilotus officinalis* с антиоксидантным потенциалом в защитном покрытии для томатов

М.А. Мулюкин✉¹, Д.А. Бараненко^{1,2}, Ю.Ю. Петрова¹, О.С. Сутормин¹

¹Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; г. Сургут, Российская Федерация

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»;
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
✉ mulyukin_ma@surgu.ru

Аннотация. Целью исследования являлась оценка влияния защитного покрытия для томатов, обогащенного экстрактами *Melilotus officinalis*, обладающими выраженной антиоксидантной активностью. **Методы.** В работе были оптимизированы условия экстракции: высушенный растительный материал измельчали до размера частиц 0,2-0,5 мм, использовали соотношение сырья к экстрагенту 1:100 и время экстракции 5 суток. Содержание фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантную активность экстрактов определяли спектрофотометрическими методами. **Результаты.** Экстракты, полученные с использованием 10 % и 50 % этилового спирта, продемонстрировали высокое содержание фенолов (33,7 мг/г) и флавоноидов (1,74 мг/г) соответственно. Наибольшая антиоксидантная активность (89,8 %) была зафиксирована у экстракта, полученного с 50 % этиловым спиртом. Исследование влияния защитного покрытия на сохранность томатов показало, что при хранении без охлаждения ежедневная потеря массы составила $1,1 \pm 0,1$ % для образцов без покрытия и $0,9 \pm 0,1$ % для образцов с покрытием. При холодильном хранении потеря массы была менее выраженной: через 7 суток разница между образцами с покрытием и без него составила 0,7 %. В первые 3 суток хранения масса томатов уменьшалась равномерно для всех образцов, однако начиная с 4 суток томаты без покрытия начали терять массу значительно быстрее по сравнению с образцами, обработанными защитным покрытием. Наибольшую эффективность продемонстрировало покрытие с добавлением экстрактов: потеря массы без охлаждения и в охлажденном состоянии составила 5,7 % и 1,7 % соответственно, в то время как для томатов без покрытия эти показатели составили 7,3 % и 2,3 %. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения защитных покрытий с экстрактами *Melilotus officinalis* для увеличения срока хранения томатов и снижения потерь массы.

Ключевые слова: *Melilotus officinalis*, антиоксидантная активность, защитное покрытие, томаты, хранение, фенольные соединения, флавоноиды

Для цитирования: Мулюкин М.А., Бараненко Д.А., Петрова Ю.Ю., Сутормин О.С. Использование экстрактов *Melilotus officinalis* с антиоксидантным потенциалом в защитном покрытии для томатов. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):55-68. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Программа Западно-Сибирского межрегионального

научно-образовательного центра, соглашение № 4-ЦС от 08.11.2023) и Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, грант № 2023-227-28

Use of *Melilotus officinalis* extracts with antioxidant potential in a protective coating for tomatoes

M.A. Mulyukin✉¹, D.A. Baranenko^{1,2}, Yu.Yu. Petrova¹, O.S. Sutormin¹

¹Surgut State University; Surgut, the Russian Federation
✉mulyukin_ma@surgu.ru

²National Research University ITMO; Saint-Petersburg, the Russian Federation

Abstract. The goal of the research was to evaluate the effect of a protective coating for tomatoes enriched with *Melilotus officinalis* extracts with pronounced antioxidant activity. **The Methods.** The extraction conditions were optimized: the dried plant material was ground to a particle size of 0.2-0.5 mm, the raw material to extractant ratio was 1:100, and the extraction time was 5 days. The content of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity of the extracts were determined by spectrophotometric methods. **The Results.** The extracts obtained using 10% and 50% ethyl alcohol demonstrated a high content of phenols (33.7 mg/g) and flavonoids (1.74 mg/g), respectively. The highest antioxidant activity (89.8%) was recorded in the extract obtained with 50% ethyl alcohol. The study of the effect of the protective coating on the preservation of tomatoes showed that during storage without cooling, the daily weight loss was $1.1 \pm 0.1\%$ for uncoated samples and $0.9 \pm 0.1\%$ for coated samples. During refrigeration storage, the weight loss was less pronounced: after 7 days, the difference between the samples with and without the coating was 0.7%. During the first 3 days of storage, the weight of the tomatoes decreased uniformly for all samples, but starting from the 4th day, the uncoated tomatoes began to lose weight much faster compared to the samples treated with a protective coating. The coating with the addition of extracts demonstrated the greatest efficiency: the weight loss without cooling and in a cooled state was 5.7% and 1.7%, respectively, while for tomatoes without coating, these figures were 7.3% and 2.3%. **Conclusion.** The data obtained indicate the potential of using protective coatings with *Melilotus officinalis* extracts to increase the shelf life of tomatoes and reduce weight loss.

Keywords: *Melilotus officinalis*, antioxidant activity, protective coating, tomatoes, storage, phenolic compounds, flavonoids

For citation: Mulyukin M.A., Baranenko D.A., Petrova Yu.Yu., Sutormin O.S. Use of *Melilotus officinalis* extracts with antioxidant potential in a protective coating for tomatoes. *Novye Tehnologii / New technologies*. 2025; 21(1):55-68. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-55-68>

Acknowledgements: the research has been conducted with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Program of the West Siberian Interregional Scientific and Educational Center, Agreement No. 4-TSS dated 08.11.2023) and the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra, Grant No. 2023-227-28

Введение. Качество продуктов питания, представленных на прилавках магазинов, является определяющим элементом для их избирательности конечными потребителями. В этом случае необходимо обеспечить не только сохранность поставляемой

продукции, но также увеличение ее срока годности. Овощи и фрукты подвержены быстрой порче. Поэтому главным фактором здесь является обеспечение условий хранения, где наиболее важными составляющими являются температура хранения, влажность

и товарное соседство. Однако процессы, приводящие к порче продуктов, начинаются не на полке магазина, а сразу после сбора урожая, поскольку овощи и фрукты могут быть подвержены как физическому воздействию, так и воздействию различных микроорганизмов [1].

В этом смысле полимерные материалы могут стать отличным защитным барьером для предотвращения как механических повреждений, так и для взаимодействия с окружающей средой. В качестве таких полимеров могут быть использованы белки, полисахариды, липиды, а также их вариации между собой [2-4]. Довольно распространенным полимером, используемым для создания защитного покрытия, является желатин. Это натуральный водорастворимый белок, получаемый в результате частичного гидролиза коллагена, который, в свою очередь, содержится в определенных частях позвоночных и беспозвоночных животных. Использование желатина в качестве защитного покрытия определяется рядом свойств, к которым относятся растворимость, отсутствие явного запаха и вкуса, цвет, прозрачность, а также его стоимость [5]. Кроме того, такой полимерный материал можно модифицировать добавлением различных сшивающих агентов, пластификаторов, а также добавок с выраженной биологической активностью – растительных экстрактов. Последние представляют собой важный источник полифенолов, которые, как известно, обладают антиоксидантным и антимикробным действием. В этом случае включение полифенолов в структуру полимерной пленки придает ей уникальные свойства [6].

Довольно перспективным с этой точки зрения является *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (донник лекарственный) – двулетнее травянистое растение семейства Бобовых (Fabaceae). Трава донника лекарственного имеет сложный состав биологически активных веществ (БАВ), обуславливающих

фармакологическую активность этого растения, что, в свою очередь, позволяет использовать его в качестве лекарственного растительного сырья (ЛРС) [7,8]. Известно, что в составе донника лекарственного были найдены кумарин как преобладающий компонент, а также мелилотин, фенольные кислоты, флавоноиды, стероиды, сапонины, эфирные масла, жиры, тритерпены, углеводы, сахар, антрахиноновые гликозиды, слизь, дубильные вещества, бис-гидроксикумарин, холин, спирты, мочева кислота и многие другие группы химических соединений [9-13].

Цель исследования. Изучить влияние защитного покрытия для томатов с добавлением экстрактов из *Melilotus officinalis* с выраженным антиоксидантным потенциалом.

Методы исследования. Объектом исследований стал *M. officinalis*, его надземная часть (цветки, листья, стебли, семена) и подземная (корни). Растительный материал заготавливали в период цветения с 2023 по 2024 гг. в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Югры (координаты: 61,2779°N; 72,9305°E). Собранную надземную растительную массу очищали от частиц почвы, листья и цветки раскладывали тонким слоем и сушили до воздушно-сухого состояния в темном помещении с хорошей вентиляцией при температуре 19±1 °C, периодически перемешивая. Сухой растительный материал измельчали на лабораторной мельнице (ЛЗМ-1М, Россия), взвешивали и хранили в двойных бумажных пакетах.

Для экстракции в коническую колбу помещали 1 г (с точностью до 0,001 г) надземной части донника лекарственного, добавляли 100 мл этилового спирта с концентрацией этанола от 10 до 70 % и мацерировали в темном месте при температуре 19±1 °C в течение 5 суток. Для определения содержания фенольных соединений и флавоноидов использовали спектрофотометрический

метод (Shimadzu UV-1900i, Япония). Содержание фенольных соединений определяли в пересчете на галловую кислоту (не менее 98 % осн. в-ва) с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [14]. Для этого растительные экстракты (0,5 мл) переносили в стеклянные пробирки и добавляли реактив Фолина-Чокальтеу (0,1Н Синтакон серия № 06-1) (2,0 мл), закрывали пробирку и убирали на 5 мин в темное место (инкубировали). Добавляли карбонат натрия 7,5%-й (хч, НПО ЭКРОС) (2,5 мл) и убирали на 1,5 ч в темное место. Оптическую плотность растворов снимали при длине волны 765 нм. Содержание флавоноидов определяли в пересчете на кверцетин (не менее 98 % осн. в-ва). Для этого экстракт (1 мл) переносили в стеклянную пробирку, добавляли хлорид алюминия 2%-й (1 мл) и приливали спирт 70%-ый этиловый до 10 мл. Приготовленные растворы убирали на 40 мин в темное место. Оптическую плотность растворов снимали при длине волны 431 нм. Толщина поглощающего слоя составляла 1 см.

Для определения антиоксидантной активности (АОА) экстрактов использовали спектрофотометрический метод (Shimadzu UV-1900i, Япония) как способность нейтрализовать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрил-гидразила (метод DPPH). В стеклянные пробирки добавляли 3 мл раствора DPPH (0,01 мг/мл) и 0,5 мл экстракта. Убирали пробирки в темное место на 30 мин и после регистрировали оптическую плотность растворов при длине волны 518 нм. Толщина поглощающего слоя составляла 1 см.

Для приготовления покрытий использовали 6%-й раствор желатина в воде. В качестве пластификатора использовали глицерин в концентрации 30 % от массы сухого вещества. Желатин оставляли набухать в воде при комнатной температуре в течение 15 мин. Далее нагревали желатин на плитке до 60 °С при постоянном переме-

шивании раствора верхнеприводной мешалкой (Stegler MV-6D digital, Китай) при 300-600 об/мин. После растворения желатина в раствор вносили глицерин и гомогенизировали раствор в течение 5 мин. Далее в раствор вносили растительный экстракт (500 мкл) и гомогенизировали в течение 5 мин. Оставляли полученный раствор остывать до 20 °С, после чего использовали его в качестве покрытия.

Для апробации полимерного покрытия использовали томаты свежие круглые красные, купленные в местном супермаркете. Товарный сорт 1. Ботанический сорт Мерлис. Страна происхождения – Россия. Изготовитель – ООО «Солнечный дар», Россия. Для эксперимента отбирали свежие томаты, исключая при этом вялые и помятые плоды с признаками заражения и болезни, учитывая органолептические свойства. При отборе томатов в каждой серии эксперимента учитывали массу овощей для минимизации погрешностей при взвешивании, при этом разница в массе между овощами в одной серии составляла не более $\pm 1,5$ %.

Статистические данные были обработаны с помощью программного обеспечения MSeXcel (16.0.14332.20763). Повторяемость и воспроизводимость результатов оценивались путем расчета стандартного отклонения и доверительного интервала 3-6 измерений с использованием уровня достоверности 0,95.

Результаты. При проведении экстракции растительного материала *M. officinalis* методом мацерации оптимизированы следующие параметры: размер частиц, время экстракции и соотношение сырье: экстрагент. В качестве первоначальных фиксированных параметров использовали 1 г сырья (с точностью до 0,001 г), этиловый спирт 70%-ый в количестве 50 мл, время экстракции 1 сутки. Оптимизацию условий контролировали по содержанию фенольных соеди-

нений в растительном материале спектрофотометрическим методом (Shimadzu UV-1900i, Япония).

При исследовании влияния размера частиц на содержание фенолов в экстракте было установлено, что размер частиц в диапазоне от 0,2 до 0,5 мм является наиболее благоприятным для экстракции, поскольку увеличение частиц растительного материала приводит к снижению содержания фенолов в экстракте до 7,8 % (табл. 1). С увеличением количества экстрагента при экстракции содержание фенолов увеличивается в среднем на 25,5%, и при соотношении сырья к экстрагенту 1:100 концентрация фенолов достигает 22,5 мг/г (табл. 1).

При увеличении времени экстракции растительного материала содержание фенолов резко возрастает на 2 и 3 суток, и да-

лее рост замедляется. Максимальное содержание зафиксировано через 5 суток и составило 18,8 мг/г, что на 19,7 % больше по сравнению с первым днем (рис. 1).

В результате оптимизации условий экстракции с использованием метода мацерации установлен наибольший выход фенолов при измельчении растительного материала до размера частиц от 0,2 до 0,5 мм, соотношении сырье : экстрагент как 1:100 и времени экстракции 5 суток.

С учетом оптимизированных параметров были получены экстракты из различных морфологических частей *M. officinalis* методом мацерации с использованием в качестве экстрагента этилового спирта в различных соотношениях с водой и определена концентрация фенольных соединений (табл. 2).

Таблица 1. Содержание фенолов (мг/г) при исследовании влияния размера частиц *M. officinalis* и соотношения сырье: экстрагент при использовании метода мацерации
Table 1. Phenol content (mg/g) in the study of the effect of *M. officinalis* particle size and raw material: extractant ratio using the maceration method

Изменяемый параметр		Содержание фенолов, мг/г
Размер частиц	0,2-0,5	11,6±0,4
	0,5-1,0	10,7±0,2
	1,0-2,0	10,7±0,1
Соотношение сырье: экстрагент	1:30	14,3±1,0
	1:50	18,3±1,5
	1:100	22,5±1,1

Таблица 2. Содержание фенольных соединений (мг/г) в экстрактах морфологических частей *M. officinalis*, полученных методом мацерации

Table 2. Content of phenolic compounds (mg/g) in extracts of morphological parts of *M. officinalis* obtained by maceration

Этанол, %	Содержание фенольных соединений, мг/г				
	Цветки	Листья	Стебли	Семена	Корни
10	33,7±0,6	23,4±0,9	4,8±0,2	8,5±0,2	3,1±0,1
20	30,3±0,7	16,8±1,1	4,6±0,1	8,0±0,1	3,1±0,1
30	28,8±0,8	19,7±0,5	4,3±0,2	7,1±0,2	3,0±0,1
40	18,4±0,4	19,4±0,8	3,9±0,2	6,3±0,2	2,9±0,1
50	19,2±0,3	18,8±0,8	4,0±0,1	6,2±0,1	3,2±0,1
60	18,5±0,4	17,8±0,7	3,9±0,1	6,0±0,1	3,3±0,1
70	17,6±0,4	15,2±0,8	4,0±0,1	5,6±0,1	3,2±0,1

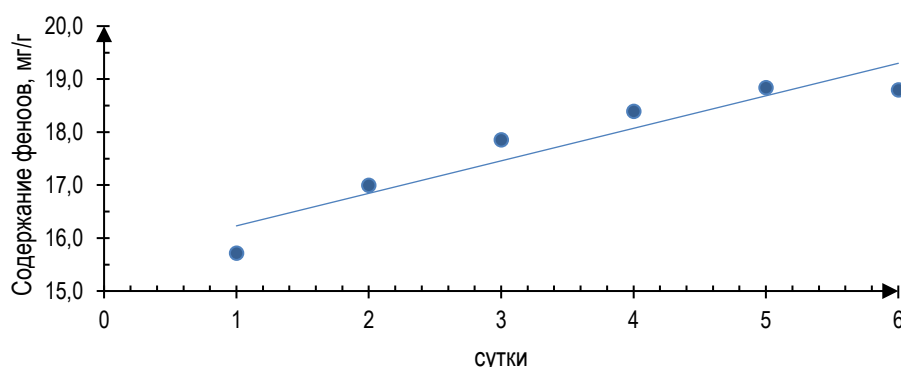


Рис. 1. Содержание фенолов (мг/г) при исследовании влияния времени экстракции *M. officinalis* при использовании метода мацерации
Fig. 1. Phenol content (mg/g) in the study of the effect of extraction time of *M. officinalis* using the maceration method

Из представленных данных можно заметить, что наименьшее содержание фенолов приходится на корни, причем концентрация спирта не оказывает влияние на их извлечение из растительного материала. Содержание фенолов в семенах колеблется от 8,5 до 5,6 мг/г, что превышает их содержание в стеблях в 1,8 и 1,4 раза. Следует отметить, что с увеличением концентрации спирта содержание фенолов уменьшается, а при использовании спирта с концентрацией выше 50 %, число фенолов изменяется незначительно. Большая концентрация фенолов приходится на цветки и листья. Метод мацерации позволяет извлечь фенольные соединения из цветков в количестве 33,7 мг/г

при использовании в качестве экстрагента 10%-го этилового спирта, что в 1,4 раза больше по сравнению с максимальным содержанием в листьях, а уменьшение полярности экстрагента приводит к более низкому значению фенолов (табл. 2).

Тенденция с большим содержанием флавоноидов в цветках и листьях сохраняется, если сравнивать с содержанием фенолов в этих же морфологических частях. Наибольшее содержание флавоноидов приходится на цветки *M. officinalis* и доходит до 1,74 мг/г, в то время как в листьях установлено 0,54 мг/г. При использовании спирта с концентрацией выше 60 %, содержание флавоноидов уменьшается (табл. 3).

Таблица 3. Содержание флавоноидов (мг/г) в экстрактах морфологических частей *M. officinalis*, полученных методом мацерации
Table 3. Flavonoid content (mg/g) in extracts of morphological parts of *M. officinalis* obtained by maceration

Этанол, %	Содержание фенольных соединений, мг/г		
	Цветки	Листья	Семена
10	0,47±0,03	0,26±0,07	0,15±0,02
20	0,76±0,04	0,35±0,05	0,18±0,01
30	1,47±0,04	0,42±0,07	0,15±0,01
40	1,67±0,02	0,54±0,04	0,24±0,01
50	1,74±0,03	0,50±0,04	0,23±0,01
60	1,72±0,02	0,44±0,05	0,22±0,01
70	1,63±0,03	0,45±0,04	0,23±0,01

В меньшей степени концентрация флавоноидов обнаружена в семенах растения и составляет в среднем 0,20 мг/г. Стебли содержали до 0,1 мг/г флавоноидов, в то время как в корнях и вовсе не удалось обнаружить данную группу биологически активных веществ. Следует также отметить, что оптимальная концентрация этилового спирта для извлечения флавоноидов находится в диапазоне от 40 до 50 % в зависимости от используемых параметров экстракции.

Экстракты *M. officinalis* могут рассматриваться как источник средств для лечения расстройств, связанных с окислительным стрессом и воспалением [15]. Антиоксидантную активность экстракта с наибольшим содержанием фенольных соединений определяли по формуле:

$$\text{Ингибирование} = \frac{(A_{\text{конт}} - A_{\text{э}})}{A_{\text{конт}}} \cdot 100\% \quad (1),$$

где $A_{\text{конт}}$ – оптическая плотность контрольного образца DPPH;

$A_{\text{э}}$ – оптическая плотность раствора DPPH с добавлением экстракта.

Результаты показали наличие антиоксидантного потенциала у *M. officinalis*. Фракция цветков способна ингибировать радикал DPPH до 86,9 и 89,8 % при использовании 10 и 50%-го спирта соответственно. Для определения величины полумаксимального ингибирования исходные экстракты с содержанием фенолов (33,7 мг/г) и флавоноидов (1,74 мг/г) разбавляли в 2-10 раз 70%-ым этиловым спиртом. Построили графики зависимости ингибирования (формула 1) от концентрации фенольных соединений в 10%-ом экстракте цветков, получили уравнение прямой $y=4,4255x+16,189$ с величиной аппроксимации R^2 , равной 0,9964. По уравнению прямой определили величину полумаксимального ингибирования IC50. Она составила 7,64 мг/г (рис. 2а). Построили график зависимости ингибирования (формула 1) от концентрации флавоноидных соедине-

ний в 50%-ом экстракте цветков, получили уравнение прямой $y=78,318x+21,134$ с величиной аппроксимации R^2 , равной 0,9549. По уравнению прямой определили величину полумаксимального ингибирования IC50. Она составила 0,37 мг/г (рис. 2б).

Среди выбранных экстрактов максимальной АОА обладает экстракт цветков с использованием 50%-го этилового спирта. Другие исследования также показывают наличие антиоксидантного потенциала у донника лекарственного. Был изучен метанольный экстракт семян, полученный с использованием аппарата Сокслета. Ингибирование радикала DPPH составило 29,9 %, что в 3 раза меньше по сравнению с экстрактами цветков, по нашим данным [16]. Ученым из Хорватии удалось установить наибольший процент ингибирования радикала DPPH при экстракции 96%-ым этанолом методом мацерации, который составляет 36,6 % [17], в то время как российские ученые определили антиоксидантную активность цветков донника аналогичным методом, которая составила 59 мг/см³ [18]. Отметим, что значения антиоксидантной активности различаются: это, по-видимому, связано с территорией произрастания и ее климатическими условиями, которые несомненно влияют на химический состав растительного материала и, как следствие, на его антиоксидантный потенциал.

Эффективность защитного полимерного покрытия для томатов тестировали при холодильном (4 ± 1 °C) и комнатном (20 ± 1 °C) хранении в течение 7 суток и контролировали потерю в массе с течением времени по формуле:

$$\text{Потеря массы} = \frac{(m_{\text{исх}} - m)}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\% \quad (2),$$

где $m_{\text{исх}}$ – масса исходного образца, г;

$m_{\text{э}}$ – масса экспериментального образца после каждого дня взвешивания, г.

Томаты защитили покрытием методом литья на подложке, после чего помещали в холодильник для застывания. Время засты-

вания составило не более 20 мин. Равномерность покрытия смотрели с помощью УФ облучателя (УФС-254/365, Sorbfil, Россия) с использованием люминесцентного красителя (родамин Ж), который добавляли на этапе изготовления покрытия (рис. 3а). Толщина защитного покрытия составила не более 30 мкм (микрометр, модель 1003) (рис. 3б).

Исследование показало, что при хранении потеря в массе у томатов происходит линейно, однако при хранении без охлаждения ежедневная потеря в массе была более пропорциональной: $1,1 \pm 0,1$ % и $0,9 \pm 0,1$ % для образцов без пленок и с пленками соответственно. Следует отметить, что томаты с

защитным покрытием теряют массу в меньшей степени, и в течение 7 суток эксперимента суммарная потеря в массе для томатов с покрытием составила не более 6,0 % без охлаждения, в то время как образцы без покрытия потеряли 7,3 % (рис. 4).

Установлено, что при холодильном хранении томаты теряют в весе медленнее по сравнению с хранением без охлаждения, при этом разница потери в массе после 7 суток хранения составляет 0,7 %. Следует отметить, что за первые 3 суток масса уменьшалась равномерно для всех образцов, однако, начиная с 4 суток, томаты без покрытия начинают существенно быстрее терять в весе (рис. 5).

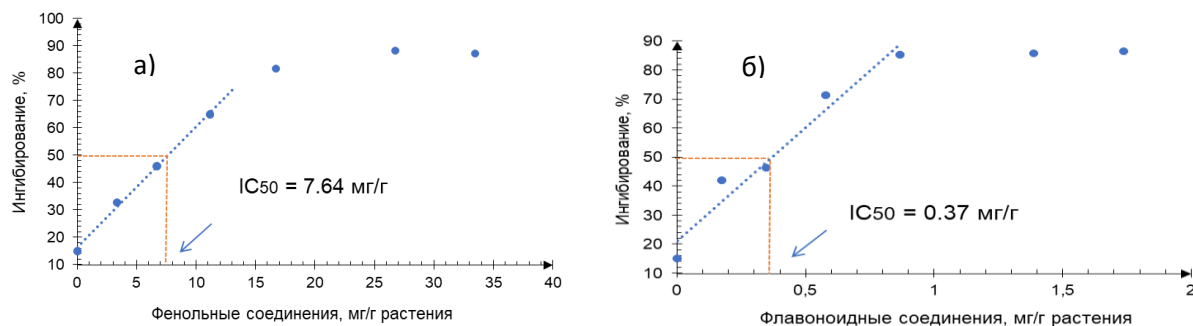


Рис. 2. График зависимости ингибирования экстракта цветков 10%-го (а) и 50%-го (б) от концентрации фенолов и флавоноидов

Fig. 2. Graph of the dependence of inhibition of 10% (a) and 50% (b) flower extract on the concentration of phenols and flavonoids

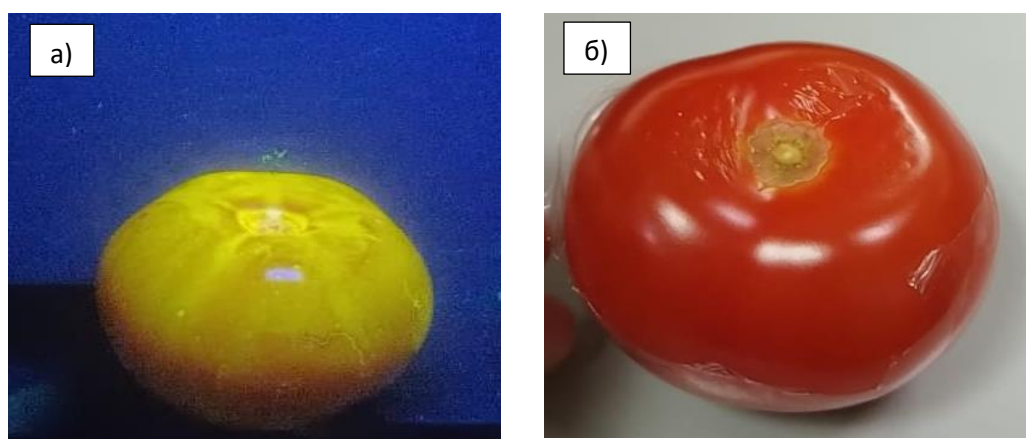


Рис. 3. Образцы томатов с добавлением люминесцентного красителя (а) и без него (б)

Fig. 3. Samples of tomatoes with the addition of fluorescent dye (a) and without (b)

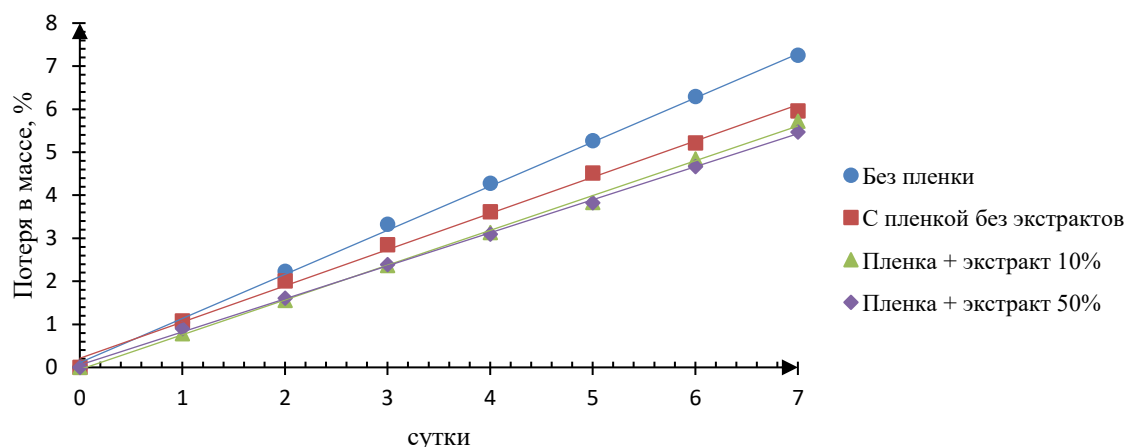


Рис. 4. Потеря в массе у томатов при хранении без охлаждения

Fig. 4. Weight loss of tomatoes during storage without refrigeration

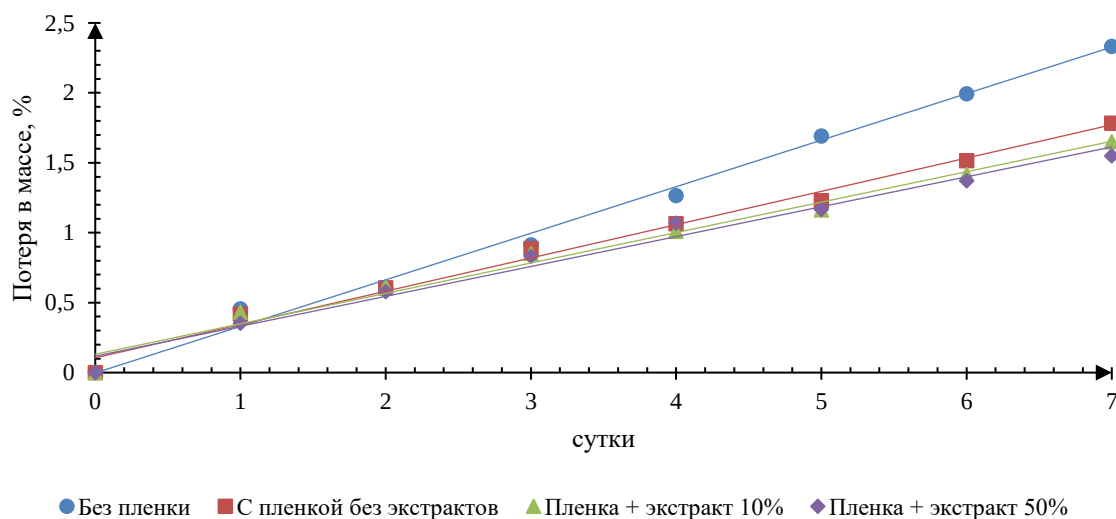


Рис. 5. Потеря в массе у томатов при холодильном хранении

Fig. 5. Weight loss of tomatoes during refrigerated storage

Результаты, представленные в статье, демонстрируют эффективность защитных покрытий на основе экстрактов *Melilotus officinalis* для снижения потери массы томатов при хранении. Эти данные согласуются с результатами исследований других авторов, которые также подтверждают положительное влияние защитных покрытий на сохранность томатов. Например, китайские ученые [19] разработали модифицированные пленки на основе желатина, которые снизили потерю массы томатов с 13,07 % до 8,95 %.

Это свидетельствует о том, что использование покрытий с антимикробными и антиоксидантными свойствами может значительно уменьшить потери массы за счет замедления процессов испарения влаги и подавления роста микроорганизмов. В другом исследовании [20], посвященном томатам черри, было показано, что покрытия на основе желатина и каррагинана также эффективно снижают потерю массы в первые 4-8 суток хранения, при этом толщина пленок варьировалась от 0,11 до 0,14 мм.

Большая потеря массы у непокрытых томатов объясняется прямым воздействием окружающей среды на плоды. Это приводит к интенсивному испарению влаги (транспирации) и активации окислительных процессов, связанных с дыханием плодов. В результате происходит истощение питательных веществ и обезвоживание тканей, что ослабляет естественный иммунитет томатов и создает благоприятные условия для развития микроорганизмов. Защитные покрытия, включая разработанные в данной статье, создают барьер, который замедляет испарение влаги и снижает интенсивность окислительных процессов,

тем самым продлевая срок хранения плодов.

Заключение. Наибольшая эффективность была отмечена у покрытия с добавлением экстрактов: потеря массы при хранении без охлаждения и холодильном хранении составила 5,7 % и 1,7 % соответственно, в то время как у томатов без покрытия эти показатели достигли 7,3 % и 2,3 %. Полученные данные подчеркивают перспективность использования защитных покрытий для увеличения срока хранения томатов и снижения потерь продукции, что особенно актуально для пищевой промышленности и сельского хозяйства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals / O. Alegbeleye [et al.] // Applied Food Research. 2022. Vol. 2, No 1. P. 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122
2. Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications / M. Ramos [et al.] // Coatings. 2016. Vol. 6, No 4. P. 1-20. DOI: 10.3390/coatings6040041
3. Development and preparation of active starch films carrying tea polyphenol / M. Feng [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2018. Vol. 196. P. 162-167. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.05.043
4. Valorisation of Tomato Waste as a Source of Cutin for Hydrophobic Surface Coatings to Protect Starch- and Gelatine-Blend Bioplastics / M. Mroczkowska [et al.] // Biomass. 2024. Vol. 4, No 3. P. 990-1004. DOI: 10.3390/biomass4030055
5. A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization / J. Alipal [et al.] // Materials Today: Proceedings. 2021. Vol. 42, No 1. P. 240-250. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.922
6. Development of Edible Coating from Gelatin Composites with the Addition of Black Tea Extract (*Camellia sinensis*) on Minimally Processed Watermelon (*Citrullus lanatus*) / S. Sal-sabiela [et al.] // Polymers. 2022. Vol. 14, No 13. P. 2628. DOI: 10.3390/polym14132628
7. Chemical Constituents and Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Tumor Activities of *Melilotus officinalis* (Linn.) Pall / Y.T. Liu [et al.] // Molecules. 2018. Vol. 23, No 2. P. 271. DOI: 10.3390/molecules23020271
8. Al-Snafi A.E. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Melilotus officinalis* - A Review // Journal of Pharmacy. 2020. Vol. 10, No 1. P. 26-36.
9. A new isoflavane-4-ol derivative from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. / I. Mert [et al.] // Natural Product Research. 2018. Vol. 33, No 13. P. 1856-1861. DOI: 10.1080/14786419.2018.1477152

10. Определение кумарина в *Melilotus officinalis* (L.) Pall. методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Н.К. Атгобрах [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2020. № 3. С. 19.
11. Определение индивидуального кумарина в сухом экстракте донника лекарственного травы / Ароян М.В. [и др.] // Методы анализа лекарственных средств. 2021. Т. 10, № 4. С. 104-107. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107
12. Компонентный состав и антимикробная активность эфирного масла *Melilotus officinalis* (L.) Pall, произрастающего в Узбекистане / Н.К. Усманова [и др.] // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 161-168. DOI: 10.14258/jcprm.20220110514
13. Мулюкин М.А., Ботиров Э.Х. Компонентный состав эфирного масла *Melilotus officinalis*, произрастающего в ХМАО-Югре // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8, № 4. С. 282-289.
14. Total (poly) phenol analysis by the Folin-Ciocalteu assay as an anti-inflammatory biomarker in biological samples / I. Dominguez-López [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024. Vol. 64, No 27. P. 10048-10054. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220031
15. Antioxidant and Antiinflammatory Effects of *Epilobium parviflorum*, *Melilotus officinalis* and *Cardiospermum halicacabum* Plant Extracts in Macrophage and Microglial Cells / S. Merighi [et al.] // Cells. 2021. Vol. 10, No 10. P. 1-13. DOI: 10.3390/cells10102691
16. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. Phytochemical studies of *Melilotus officinalis* // Bull. Chem. Soc. Ethiop. 2021. Vol. 35, No 1. P. 141-150. DOI: 10.4314/BCSE.V35I1.12
17. Screening of Six Medicinal Plant Extracts Obtained by Two Conventional Methods and Supercritical CO₂ Extraction Targeted on Coumarin Content, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity and Total Phenols Content / M. Molnar [et al.] // Molecules. 2017. Vol. 22, No 3. P. 1-10. DOI: 10.3390/molecules22030348
18. Алексашина С.А., Макарова Н.В. Сравнительное изучение антиоксидантной активности, фенольных соединений и флавоноидов цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), донника лекарственного (*Melilotus officinalis* L.), листьев смородины (*Ribes Nigrum* Folia), земляники лесной (*Fragaria Vesca* L.), винограда (*Vitis Labrusca*), произрастающих в Самарском регионе // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 153-159. DOI: 10.14258/jcprm.2019034623
19. Development and Characterization of Modified Gelatin-Based Cling Films with Antimicrobial and Antioxidant Activities and Their Application in the Preservation of Cherry Tomatoes / J. Qiao [et al.] // Antioxidants. 2024. Vol. 13, No 4. P. 431. DOI: 10.3390/antiox13040431
20. Impact of *Premna microphylla* Turcz leaf water extracts on the properties of gelatin-carrageenan edible film and its application in cherry tomatoes storage / P.-H. Huang [et al.] // Food Chemistry: X. 2025. Vol. 25. P. 102120. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102186

REFERENCES

1. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals / O. Alegbeleye [et al.] // Applied Food Research. 2022. Vol. 2, No. 1. P. 100122. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122
2. Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications / M. Ramos [et al.] // Coatings. 2016. Vol. 6, No. 4. P. 1-20. DOI: 10.3390/coatings6040041
3. Development and preparation of active starch films carrying tea polyphenol / M. Feng [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2018. Vol. 196. P. 162-167. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.05.043
4. Valorization of Tomato Waste as a Source of Cutin for Hydrophobic Surface Coatings to Protect Starch- and Gelatine-Blend Bioplastics / M. Mroczkowska [et al.] // Biomass. 2024. Vol. 4, No. 3. P. 990-1004. DOI: 10.3390/biomass4030055

5. A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialization / J. Alipal [et al.] // *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 42, No. 1. P. 240-250. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.922
6. Development of Edible Coating from Gelatin Composites with the Addition of Black Tea Extract (*Camellia sinensis*) on Minimally Processed Watermelon (*Citrullus lanatus*) / S. Sal-sabiela [et al.] // *Polymers*. 2022. Vol. 14, No. 13. P. 2628. DOI: 10.3390/polym14132628
7. Chemical Constituents and Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anti-Tumor Activities of *Melilotus officinalis* (Linn.) Pall / Y.T. Liu [et al.] // *Molecules*. 2018. Vol. 23, No. 2. P. 271. DOI: 10.3390/molecules23020271
8. Al-Snafi A.E. Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Melilotus officinalis* - A Review // *Journal of Pharmacy*. 2020. ol. 10, No. 1. P. 26-36.
9. A new isoflavane-4-ol derivative from *Melilotus officinalis* (L.) Pall. / I. Mert [et al.] // *Natural Product Research*. 2018. Vol. 33, No. 13. P. 1856-1861. DOI: 10.1080/14786419.2018.1477152
10. Determination of coumarin in *Melilotus officinalis* (L.) Pall. using high-performance liquid chromatography / N.K. Attobrah [et al.] // *AgroEcoInfo*. 2020. No. 3. P. 19. [In Russ.]
11. Determination of individual coumarin in dry extract of sweet clover herb / M.V. Aroyan [et al.] // *Methods of analysis of drugs*. 2021. Vol. 10, No. 4. P. 104-107. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-104-107 [In Russ.]
12. Component composition and antimicrobial activity of *Melilotus officinalis* (L.) Pall essential oil growing in Uzbekistan / N.K. Usmanova [et al.] // *Chemistry of plant raw materials*. 2022. No. 1. P. 161-168. DOI: 10.14258/jcprm.20220110514 [In Russ.]
13. Mulyukin M.A., Botirov E.Kh. Component composition of the essential oil of *Melilotus officinalis* growing in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra // *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 282-289. [In Russ.]
14. Total (poly) phenol analysis by the Folin-Ciocalteu assay as an anti-inflammatory biomarker in biological samples / I. Dominguez-López [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64, No. 27. P. 10048-10054. DOI: 10.1080/10408398.2023.2220031
15. Antioxidant and Antiinflammatory Effects of *Epilobium parviflorum*, *Melilotus officinalis* and *Cardiospermum halicacabum* Plant Extracts in Macrophage and Microglial Cells / S. Merighi [et al.] // *Cells*. 2021. Vol. 10, No. 10. P. 1-13. DOI: 10.3390/cells10102691
16. Sisay M.A., Mammo W., Yaya E.E. Phytochemical studies of *Melilotus officinalis* // *Bull. Chem. Soc. Ethiop*. 2021. Vol. 35, No. 1. P. 141-150. DOI: 10.4314/BCSE.V35I1.12
17. Screening of Six Medicinal Plant Extracts Obtained by Two Conventional Methods and Supercritical CO₂ Extraction Targeted on Coumarin Content, 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging Capacity and Total Phenols Content / M. Molnar [et al.] // *Molecules*. 2017. Vol. 22, No. 3. P. 1-10. DOI: 10.3390/molecules22030348
18. Aleksashina S.A., Makarova N.V. Comparative study of antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoids of flowers of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), common sage (*Salvia officinalis* L.), sweet clover (*Melilotus officinalis* L.), currant leaves (*Ribes Nigrum Folia*), wild strawberry (*Fragaria Vesca* L.), grapes (*Vitis Labrusca*) growing in the Samara region // *Chemistry of plant raw materials*. 2019. No. 3. pp. 153-159. DOI: 10.14258/jcprm.2019034623
19. Development and Characterization of Modified Gelatin-Based Cling Films with Antimicrobial and Antioxidant Activities and Their Application in the Preservation of Cherry Tomatoes / J. Qiao [et al.] // *Antioxidants*. 2024. Vol. 13, No. 4. P. 431. DOI: 10.3390/antiox13040431

20. Impact of Premna microphylla Turcz leaf water extracts on the properties of gelatin-carageenan edible film and its application in cherry tomatoes storage / P.-H. Huang [et al.] // Food Chemistry: X. 2025. Vol. 25. P. 102120. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102186

Информация об авторах / Information about the authors

Мулюкин Максим Александрович, младший научный сотрудник научно-образовательного центра института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-2469>, e-mail: mulyukin_ma@surgu.ru

Бараненко Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент университета ИТМО, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»; 197101, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, литер А, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>, e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

Петрова Юлия Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3702-2249>, e-mail: petrova_juju@surgu.ru

Сутормин Олег Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии института естественных и технических наук, Бюджетное учреждение высшего образования «Сургутский государственный университет»; 628412, Российская Федерация, г. Сургут, пр. Ленина, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9474-0568>, e-mail: sutormin_os@surgu.ru

Maxim A. Mulyukin, Junior Researcher, Scientific and Educational Center, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-2469>, e-mail: mulyukin_ma@surgu.ru

Denis A. Baranenko, PhD (Eng.), Associate Professor of ITMO University, ITMO National Research University; 197101, the Russian Federation, St. Petersburg, 49 Kronverkskiy Prospekt, Building A, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9284-4379>, e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

Yulia Yu. Petrova, PhD (Chemistry), Associate Professor, the Department of Chemistry, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3702-2249>, e-mail: petrova_juju@surgu.ru

Oleg S. Sutormin, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Chemistry, Institute of Natural and Technical Sciences, Surgut State University; 628412, the Russian Federation, Surgut, 1 Lenin Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9474-0568>, e-mail: sutormin_os@surgu.ru

Заявленный вклад авторов

Мулюкин М.А. – проведение эксперимента

Бараненко Д.А. – разработка методики исследования и валидация данных

Петрова Ю.Ю. – оформление статьи по требованиям журнала

Сутормин О.С. – подбор литературных источников

Claimed contribution of the authors

Mulyukin M.A. – conducting the experiment

Baranenko D.A. – development of the research methodology and data validation

Petrova Yu.Yu. – article design according to the journal requirements

Sutormin O.S. – selection of literary sources

Поступила в редакцию 30.12.2024

Поступила после рецензирования 31.01.2025

Принята к публикации 05.01.2025

Received 30.12.2024

Revised 31.01.2025

Accepted 05.01.2025