

Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов

А. А. Ногина^{id}, С. Л. Тихонов*^{id}, Н. В. Тихонова^{id}

Дата поступления в редакцию: 09.11.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62,

*e-mail: tikhonov75@bk.ru



© А. А. Ногина, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, 2018

Аннотация. Перспективным направлением увеличения срока годности мясопродуктов является применение барьерных технологий хранения, а именно упаковка в пищевые пленки. Разработана съедобная пищевая пленка антиоксидантной, антибактериальной направленности и проведена оценка ее эффективности при хранении мясных полуфабрикатов. В базовой рецептуре пленки использованы доступные для производства в промышленных условиях пищевые вещества: структурообразователь полисахаридной природы – агар-агар, загуститель, стабилизатор и антиоксидант – арабиногалактан, пластификатор – пищевой глицерин, универсальный растворитель – дистиллированная вода. Производство пищевой пленки осуществляли экструзионным способом с использованием следующих технологических этапов: дозирование сыпучих компонентов и дистиллированной воды; приготовление суспендированной смеси агар-агара и арабиногалактана; приготовление плёнообразующей смеси; выдувание плёнки через узко щелевую головку экструдера; охлаждение, калибровка, сушка плёнки. Установлено, что пленки, в зависимости от концентрации базовых рецептурных компонентов, имели различную толщину: от 28,5 до 54,0 мкм. Наибольшая толщина пленки (54 мкм) отмечена у образца с максимальным содержанием агара (2 %). Увеличение концентрации арабиногалактана в пленочном растворе в меньшей степени способствует утолщению пленки (47,1 мкм). Повышение содержания глицерина в рецептуре пленки до 2 % позволяет получить пленку с минимальной толщиной (28,5 мкм). С увеличением концентрации агара повышается прочность при растяжении до 36,2 МПа и относительное удлинение при разрыве до 29,2 %. Но с увеличением содержания глицерина эти показатели ухудшаются до 25,3 МПа (на 24,6 %). Высокие структурно-механические свойства пленки и высокая степень разложения отмечены у образца пленки с содержанием в рецептуре 2 % агар-агара. В качестве antimicrobial компонента в пленку введен жидкий экстракт цветков ромашки. На основании проведенных органолептических, физико-химических и микробиологических исследований упаковка мясных полуфабрикатов в биоразлагаемую пленку способствует увеличению их срока годности.

Ключевые слова. Биоразлагаемые пленки, агар, арабиногалактан, срок годности, мясные полуфабрикаты

Для цитирования: Ногина, А. А. Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов / А. А. Ногина, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

The Influence of Biodegradable Food Films on Freshness Indices of Semi-Finished Meat Products

A.A. Nogina^{id}, S.L. Tikhonov*^{id}, N.V. Tikhonova^{id}

Received: November 09, 2018
Accepted: December 28, 2018

Ural State University of Economic,
62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia

*e-mail: tikhonov75@bk.ru



© A.A. Nogina, S.L. Tikhonov, N.V. Tikhonova, 2018

Abstract. Barrier storage technologies are a promising means of increasing the shelf life of meat products, in particular, food wrap. The authors developed an edible food film with antioxidant and antibacterial properties and tested its efficiency in storage of semi-finished meat products. The formula includes nutrients available for industrial production: structure-forming polysaccharide nature-agar-agar, thickener, stabilizer, antioxidant-arabinogalactan, plasticizer-food glycerin, and universal solvent-distilled water. The food film was produced by extrusion dosing of bulk components and distilled water. Then suspended mixture of agar-agar and arabinogalactan was prepared, followed by preparation of film-forming mixture. The film was blown through a narrow slit head of the extruder; after that it was cooled, calibrated, and dried. The films appeared to have a thickness that varied from 28.5 to 54.0 microns, depending on the concentration of the basic prescription components. The thickest film (54 µm) was observed in the

sample with the maximum agar content (2%); an increase in the concentration of arabinogalactan in the film solution contributes to the film thickening to a lesser extent (47.1 μm). An increase in the glycerol content of the film formulation to 2% allowed the authors to obtain a film with a minimum thickness (28.5 microns). An increase in agar concentration raises the tensile strength to 36.2 MPa and elongation at break to 29.2%. However, with an increase in glycerol content, these indicators deteriorate to 25.3 MPa (24.6%). High structural and mechanical properties of the film and a high degree of decomposition were observed in the film sample with 2% agar-agar content. As an antimicrobial component, a liquid extract of chamomile flowers was introduced into the film. On the basis of the conducted organoleptic, physico-chemical, and microbiological studies, packaging of semi-finished meat products in a biodegradable film helps to increase their shelf life.

Keywords. Biodegradable films, agar, arabinogalactan, shelf life, meat semi-finished products

For citation: Nogina A.A., Tikhonov S.L., and Tikhonova N.V. The Influence of Biodegradable Food Films on Freshness Indices of Semi-Finished Meat Products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 73–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.

Введение

Одним из перспективных направлений увеличения срока годности мясопродуктов является применение барьерных технологий хранения, а именно упаковка в пищевые пленки. Целесообразность использования биополимерных пищевых плёнок при хранении мясных полуфабрикатов обусловлена тем, что в их рецептурном составе отсутствуют аллергены и токсичные вещества. Пленки обладают бактерицидным действием и защищают пищевой продукт от внешних загрязнителей.

Для производства плёнок используют полисахариды (крахмалы, эфиры целлюлозы, хитозан, декстрины, альгинаты, каррагинаны, пектины, камеди) [1–5], белки (коллаген, желатин, глютен, соевые изоляты, казеин), липиды (воски) и другие пищевые вещества [4].

Съедобные плёнки классифицируют в зависимости от химических свойств, растворимости в воде и органических растворителях. Пленки на основе полисахаридов и белков являются гидрофильными. Это позволяет вводить в их состав водорастворимые компоненты различной функциональной направленности (антибактериальные и антиоксидантные) и делать их проницаемыми при соприкосновениях с парами воды. Липидные плёнки – гидрофобны. Они обладают хорошими барьерными свойствами по отношению к влаге и являются механически прочными [5]. Для получения прочных и термостабильных плёнок используют пластификаторы (глицерин, пропиленгликоль, сорбитол, сахароза и др.), эмульгаторы (лецитин и др.) и сшивающие агенты [8–10].

В качестве добавок активного действия применяют различные биологически активные вещества: антиоксиданты, противомикробные соединения, пробиотические препараты и др.

По пищевой ценности съедобные плёнки делятся на усвояемые и неусвояемые. Усвояемые пищевые вещества интегрируются в процессы метаболизма организма человека в виде питательных веществ и энергии. Неусвояемые – безвредные соединения, не несущие пищевой ценности, которые выводятся из организма [11]. В основе усвояемых плёнок лежат углеводы, белки и жиры; в неусвояемых – синтетические и природные камеди, производные

целлюлозы, природные воски различного происхождения (минеральные, растительные и др.).

Сущность производства пленок заключается в формовании растворов съедобных пленок в жидкостях различного композиционного состава – воде, этиловом спирте, водно-спиртовых растворах [12]. Выделяют два способа формования съедобных плёнок – непрерывный («сухой» метод) и прерывающийся («мокрый» метод). При непрерывном методе раствор распределяется через фильеру (металлическую пластину, с прорезанным в ней отверстием особой формы) по постоянно движущейся ленте или же барабанной установке, после чего высушивается. При прерывающемся способе раствор отливается в специальные осадительные ванны, затем проводится вытяжка и сушка. На выбор конструкции фильеры влияет вязкость раствора и желаемая толщина получаемой плёнки. Пленочный раствор на фильере подается под давлением или самотёком. Р. J. Fryer и С. Versteeg утверждают, что механические свойства пищевых пленок можно улучшить путем производства их на установках, подающих формующие растворы под давлением в щелевые фильеры [11].

Альтернативой фильерному методу формования является экструзионный.

При производстве плёнок необходимо контролировать следующие характеристики формовочных растворов [14]:

- гомогенность;
- вязкость;
- поверхностное натяжение на границе фаз (раствор – воздух).

Имеет большое значение на этапе снятия готовой плёнки с подложки соотношение между поверхностным натяжением раствора и поверхности, на которую наносится состав (подложка).

Целью работы является разработка съедобной пищевой пленки антиоксидантной, антибактериальной направленности и оценка ее эффективности при хранении мясных полуфабрикатов.

Объекты и методы исследования

– пленки пищевые съедобные с использованием в рецептуре следующих компонентов: агар-агар

(ГОСТ 16280-2002 «Агар пищевой. Технические условия»), пищевой глицерин (ГОСТ 6824-96 «Глицерин дистиллированный. Общие технические условия»), вода дистиллированная (ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия»), арабиногалактан (Е409), экстракт ромашки. – охлажденный мясной полуфабрикат категории А кусковой бескостный (ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия»).

Оценку качества пленок проводили по органолептическим и физико-химическим показателям (химическая стойкость), структурно-механическим свойствам (толщина, плотность, степень водопоглощения).

Для измерения толщины и плотности пленок использовали микрометр МК 50-1 и метод прямого измерения. Осуществляли 10 параллельных измерений на 3 различных участках пленки, затем рассчитывали среднее значение.

Степень водопоглощения определяли по ГОСТ 4650-80.

Химическую стойкость – путём вырезания квадратов размером 10 x 10 мм, помещением в химические среды и определением времени разложения образца.

При проведении исследований использовали общепринятые, стандартные и оригинальные методы органолептического, физико-химического и микробиологического анализа.

Органолептические показатели – по ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» и ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». Физико-химические показатели – по ГОСТ Р 54346-2011 «Мясо и мясные продукты. Метод определения перекисного числа» и ГОСТ Р 55480-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения кислотного числа». Микробиологические показатели – с помощью автоматического счетчика колоний Scan 300.

Результаты и их обсуждение

Разработана пищевая пленка на основе полисахаридов в рецептурном составе которой использованы доступные для производства в промышленных условиях пищевые вещества: структурообразователь полисахаридной природы – агар-агар, загуститель, стабилизатор и

антиоксидант – арабиногалактан, пластификатор – пищевой глицерин, универсальный растворитель – дистиллированная вода. Все компоненты рецептуры являются гидроколлоидами (агар-агар, арабиногалактан), полностью растворимы в воде и применяются для повышения вязкости непрерывной фазы (водной фазы) в качестве гелеобразующего агента, загустителя, а также эмульгатора. Это объясняется их стабилизирующим действием на эмульсии, полученные от увеличения вязкости водной фазы съедобной пленки.

Нами впервые в рецептуру пленочных растворов введен арабиногалактан, так как он способствует стабилизации водно-жировой эмульсии, улучшает пластичность и обладает антиоксидантными свойствами.

Полисахаридные плёнки, ввиду состава полимерной цепи рецептурных компонентов, имеют высокую газопроницаемость, способствуют образованию желаемой модифицированной газовой среды и их можно рекомендовать при хранении продуктов в анаэробных условиях. Но вместе с тем дополнительная упаковка мясных полуфабрикатов в вакуум позволит увеличить их срок годности. Кроме того, полисахаридные пленки могут быть использованы для увеличения срока годности охлажденного мяса путем предотвращения обезвоживания и оксидативной прогорклости.

В таблице 1 представлена базовая рецептура растворов для пленки.

Производство пищевой пленки осуществляли экструзионным способом со следующими технологическими стадиями: дозирование сыпучих компонентов и дистиллированной воды; приготовление суспендированной смеси агар-агара и арабиногалактана; приготовление плёнкообразующей смеси; выдувание плёнки через узко щелевую головку экструдера; охлаждение, калибровка, сушка плёнки.

Образцы пленки № 1 и 2 характеризовались равномерной толщиной, хорошей эластичностью и имели прозрачный цвет. Образец пленки № 3 отличался низкой гибкостью, эластичностью и более плотной консистенцией.

В таблице 2 представлены структурно-механические характеристики разработанных плёнок.

Из данных таблицы 2 следует, что пленки, в зависимости от концентрации базовых

Таблица 1 – Базовая рецептура растворов для пленки

Table 1 – The basic solution formula for the film

Наименование ингредиента, %	Номер образца		
	1	2	3
Агар-агар	2	1	1
Глицерин	1	1	2
Арабиногалактан	1	2	1
Дистиллированная вода	96	96	96

Таблица 2 – Структурно-механические характеристики разработанных плёнок

Table 2 – Structural and mechanical characteristics of the films

№	Толщина, мкм	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
1	54,0 ± 1,2	36,2 ± 2,3	29,8 ± 1,2
2	47,1 ± 2,0	28,3 ± 2,6	27,7 ± 1,9
3	28,5 ± 0,7	25,3 ± 1,4	24,6 ± 1,9

Таблица 3 – Устойчивость плёнок к химическим средам
Table 3 – Chemical resistance of the films

№	Время распада образца		
	HCl конц., (мин)	КОН, 2,0 М	NaOH, 0,1 М
1	23	Наблюдалось набухание	Распад не
2	23	полимерных	происходил
3	37	частиц, растворение не наступало	

рецептурных компонентов, имели различную толщину от 28,5 до 54,0 мкм. Толщина плёнки является важной характеристикой при определении целесообразности её использования в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов, ввиду её влияния на прочность, растяжение, удлинение и проницаемость. Толщина пленок зависит как от ингредиентного состава пленки, так и от параметров формовки и сушки. Наибольшая толщина пленки (54 мкм) отмечена у первого образца с максимальным содержанием агара (2 %). Это связано с его высокой гелеобразующей способностью в процессе нагревания. В результате исследований установлено, что увеличение концентрации арабиногалактана в пленочном растворе в меньшей степени способствует утолщению пленки (47,1 мкм). Повышение содержания глицерина в рецептуре пленки до 2 % (образец 3) позволяет получить пленку с минимальной толщиной (28,5 мкм).

Из данных таблицы 2 следует, что с увеличением концентрации агара повышается прочность при растяжении до 36,2 МПа и относительное удлинение при разрыве до 29,2 %. Но с увеличением содержания глицерина эти показатели ухудшаются до 25,3 МПа и на 24,6 %.

Таким образом, высокие структурно-механические свойства пленки отмечены у первого образца, прочность при растяжении и удлинение при разрыве в сравнении со вторым образцом больше на 27,9 и 7,6 %, с третьим образцом на 43,1 и 21,1 %.

В ходе работы была исследована устойчивость образцов плёнок к агрессивным химическим средам (кислой и щелочной). В качестве кислой среды использована соляная кислота (HCl). Щелочная среда была представлена двумя соединениями – гидроксидом калия (KOH) и натрием (NaOH).

Результаты исследований по химической устойчивости плёнки изготовленных образцов представлены в таблице 3.

В результате исследований установлено, что время деструкции образца пленки № 3 в концентрированной соляной кислоте составляет 37 минут, что больше на 60,9 % времени растворения образцов пленки № 1 и 2.

Одной из важнейших характеристик разработанных пленок является способность к биодegradации (биоразложению). Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Степень биодegradации (биоразложения) пленки

Table 4 – The degree of biodegradation of the film

№	Потеря массы деградированных образцов пленок, %		
	3 суток	7 суток	14 суток
1	53,0	58,3	60,5
2	53,5	58,4	60,3
3	53,1	58,0	60,2

В результате исследований установлено, что в процессе хранения пленки отмечается снижение ее массы, что свидетельствует о биоразлагаемости.

Основополагающим критерием отбора пленочных образцов являются прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве плёнок, поскольку они обосновывают целесообразность их использования в качестве упаковочного материала для пищевых продуктов. Наилучшие показатели отмечены у образца пленки № 1 (2 % агара, 1 % арабиногалактана и 1 % глицерина). В дальнейшем указанная рецептура использовалась для производства пленки антимикробной направленности. В базовую рецептуру пленочного раствора был введен жидкий экстракт цветков ромашки (*Matricaria recutita*) в количестве 1 %, полученный в результате гидробаротермической обработки растения (давление 6×10^5 Па, температуре 105–110 °С в течение 60–80 мин в соотношении растительного сырья к дистиллированной воде 1:4).

Введение в рецептуру раствора для пленки не оказало отрицательного влияния на структурно-механические свойства пленки. Вместе с тем пленки имели слегка растительный горьковатый вкус.

Изготовленные по ранее установленной технологии, плёнки были использованы в качестве съедобной упаковки для охлаждённых мясных полуфабрикатов.

В ходе эксперимента сформировали 2 группы охлаждённой свинины массой 500 г. Первая группа (контрольная) – образцы мяса помещали в пленку с базовой рецептурой, вторая группа (опытная) – образцы мяса помещали в пленку, имеющую в своем составе экстракт ромашки. Все исследуемые образцы мяса упаковывали в пленки для вакуумирования вакуумным упаковщиком фирмы BOXER. Исследования показателей свежести мяса проводили через 5, 7, и 10 суток хранения для мясных полуфабрикатов с предполагаемым сроком годности 5–7 суток согласно МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов».

Через 10 суток хранения все исследуемые образцы мяса первой и второй групп по органолептическим показателям соответствовали свежему продукту (внешний вид: поверхность после снятия пленки ровная, незаветренная, мышечная ткань упругая; цвет свойственный свинине, запах характерный для доброкачественного мяса

свойственный свинине), микробиологическим – требованиям ТР ТС 034/2013. Следует отметить, что образцы мяса второй группы отличались большей микробной обсемененностью. Так, КМАФАнМ в образцах мяса опытной группы было на уровне $1,2 \times 10^6$ КОЕ/г (норма для упакованного в вакуум мяса не более $1,0 \times 10^4$ КОЕ/г), в то время как КМАФАнМ в образцах мяса первой (контрольной) группы – $2,7 \times 10^2$ КОЕ/г.

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении антимикробной активности пленки с экстрактом ромашки в рецептуре.

В контрольных и опытных образцах мяса кислотное (КЧ) и перекисное (ПЧ) числа после 10 суток хранения не превышали норму для свежего жира. Так, КЧ и ПЧ в образцах жира, выделенного из мяса через 10 суток хранения, было на уровне 0,6 мг КОН/г (норма – не более 4,0 мг КОН/г) и 1,1 ммоль активного кислорода/кг (норма – не более 10,0 ммоль активного кислорода/кг). Аналогичные результаты получены при исследовании процессов

перекисного окисления липидов в образцах второй группы. Так, КЧ через 10 суток хранения составило 0,4 мг КОН/г, ПЧ – 0,9 ммоль активного кислорода/кг. Полученные данные свидетельствуют о антиоксидантной активности разработанных пленок за счет наличия в них арабиногалактана – антиоксиданта растительного происхождения.

Выводы

На основании проведенных органолептических, физико-химических и микробиологических исследований упаковка мясных полуфабрикатов в биоразлагаемую пленку, состоящую из агара-агара, арабиногалактана, глицерина, экстракта ромашки и дистиллированной воды, выработанной экструзионным методом, способствует увеличению их срока годности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Food hydrocolloid edible films and coatings / O. Skurtys, C. Acevedo, F. Pedreschi [et al.] // Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures / C. S. Hollingworth. – UK : Nova Science Publ., 2010. – P. 6–9.
2. Chiumarelli, M. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples / M. Chiumarelli, M. D. Hubinger // Food hydrocolloids. – 2012. – Vol. 28, № 1. – P. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>.
3. Han, J. H. Innovations in food packaging. – Academic Press, 2014. – P. 345–353.
4. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.) / N. S. T. dos Santos, A. J. A. A. Aguiar, C. E. V. de Oliveira // Food Microbiology. – 2012. – Vol. 32, № 2. – P. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014>.
5. Aider, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review / M. Aider // LWT – Food Science and Technology, 2010. – Vol. 43, № 6. – P. 837–842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>.
6. Electrostatic and Conventional Spraying of Alginate-Based Edible Coating with Natural Antimicrobials for Preserving Fresh Strawberry Quality / G. Peretto, W. X. Du, R. J. Avena-Bustillos [et al.] // Food Bioprocess Technology. – 2017. – Vol. 10, № 1. – P. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1808-9>.
7. Edible films and coatings – sources, properties and application / D. Z. Šuput, V. L. Lazić, S. Z. Popović [et al.] // Food and Feed Research. – 2015. – Vol. 42, № 1. – P. 11–22.
8. Preparation and Properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatine edible films / C. Mu, J. Guo, X. Li [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2012. – Vol. 27, № 1. – P. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.09.005>.
9. Касьянов, Г. И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г. И. Касьянов // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2015. – № 3. – С. 165–184.
10. Khan, M. I. Spreading behaviour of silicone oil and glycerol drops on coated papers / M. I. Khan, M. M. Nasef // Leonardo Journal of Sciences. – 2009. – № 14. – P. 18–30.
11. Fryer, P. J. Processing technology innovation in the food industry / P. J. Fryer, C. Versteeg // Innovation: Management, Policy and Practice. – 2008. – Vol. 10, № 1. – P. 74–90. DOI: <https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74>.
12. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: A systematic review / R. A. Magnussen, W. R. Dunn, J. L. Carey [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2008. – Vol. 466, № 4. – P. 952–962. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0097-z>.

References

1. Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., et al. Food hydrocolloid edible films and coatings. In: Hollingworth C.S. (ed) *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures*. UK: Nova Science Publ., 2010, pp. 6–9.
2. Chiumarelli M. and Hubinger M.D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food hydrocolloids*, 2012, vol. 28, no. 1. pp. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>.
3. Han J.H. *Innovations in food packaging*. Academic Press Publ., 2014. pp. 345–353.

4. Dos Santos N.S.T., Aguiar A.J.A.A., De Oliveira C.E.V., et al. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Microbiology*, 2012, vol. 32, no. 2, pp. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.014>.
5. Aider M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT – Food Science and Technology*, 2010, vol. 43, no. 6, pp. 837–842. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>.
6. Peretto G., Du W.X., Avena-Bustillos R.J., et al. Electrostatic and Conventional Spraying of Alginate-Based Edible Coating with Natural Antimicrobials for Preserving Fresh Strawberry Quality. *Food Bioprocess Technology*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 165–174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1808-9>.
7. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., and Hromiš N.M. Edible films and coatings – sources, properties and application. *Food and Feed Research*, 2015, vol. 42, no. 1, pp. 11–22.
8. Mu C., Guo J., Li X., Lin W., and Li D. Preparation and Properties of dialdehyde carboxymethyl cellulose crosslinked gelatine edible films. *Food Hydrocolloids*, 2012, vol. 27, no. 1, pp. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.09.005>.
9. Kasyanov G.I. Technology of the biodegraded packing for foodstuff. *Science. Engineering. Technology (Polytechnical Bulletin)*, 2015, no. 3, pp. 165–184. (In Russ.).
10. Khan M.I. and Nasef M.M. Spreading behaviour of silicone oil and glycerol drops on coated papers. *Leonardo Journal of Sciences*, 2009, no. 14, pp. 18–30.
11. Fryer P.J. and Versteeg C. Processing technology innovation in the food industry. *Innovation: Management, Policy and Practice*, 2008, vol. 10, no. 1, pp. 74–90. DOI: <https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74>.
12. Magnussen R.A., Dunn W.R., Carey J.L., and Spindler K.P. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: A systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2008, vol. 466, no. 4, pp. 952–962. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0097-z>.

Ногина Анна Александровна

аспирант кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (962) 074-16-39, e-mail: mother_89@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0080-9275>

Тихонов Сергей Леонидович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (912) 276-98-95, e-mail: tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Тихонова Наталья Валерьевна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62, тел.: + 7 (919) 392-37-09, tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>

Anna A. Nogina

Postgraduate Student of the Department of Food engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (962) 074-16-39, e-mail: mother_89@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-0080-9275>

Sergey L. Tikhonov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (912) 276-98-95, e-mail: tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Nataliya V. Tikhonova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economic, 62, 8 March Str., Ekaterinburg, 620144, Russia, phone: + 7 (919) 392-37-09, tihonov75@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>