



Научная статья
2.6.17 – Материаловедение (технические науки).
УДК 620.21; 675.8

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.042

EDN: KZQISK

ПЕРЕРАБОТКА КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Дарья Константиновна Низамова ¹, Гульназ Раисовна Рахматуллина ²,
Евгения Александровна Панкова ³, Римма Рашитовна Шагивалиева ⁴,
Гузель Ильгизаровна Гарипова ⁵, Марина Михайловна Гребенщикова ⁶

1,2,3,4,5,6 ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия

¹ nizamova.darya.93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3114-6788>

² gulnaz-f@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2475-5174>

³ pankovaja@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7420-1191>

⁴ shagivalieva@kstu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1753-4304>

⁵ fusion478@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8432-2044>

⁶ grebenshchikova.marina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5237-4528>

Аннотация. Исследование возможности получения коллагенсодержащего сырья актуально и направлено на расширение областей применения полимерных материалов природного происхождения, повышения их качества и получение новых материалов с заданными свойствами. В работе исследована возможность применения ферментных препаратов для переработки коллагенсодержащего сырья на основе шкур курицы. Проведена оценка способности сырья к диффузии, на основе результатов физико-механических испытаний и определения размера пор экспериментально установлена эффективность ферментной обработки комплексами ферментными препаратами «Протосубтилин ГЗх» на этапе отмоочно-зольных процессов и операций выделки сырья из шкурок куриц в сравнении с другими рецептурами.

Ключевые слова: биополимеры, коллаген, шкурки курицы, ферментные препараты, разволокнение, Протосубтилин ГЗх, галантерейная кожа.

Благодарности: Работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ (Соглашение №10/2025-ПД-КНИТУ от 22.12.2025).

Для цитирования: Переработка коллагенсодержащего сырья с применением биокаталитических методов / Низамова Д. К. [и др.] // Ползуновский вестник. 2026. № 1. С. 265–269. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.042. EDN: <https://elibrary.ru/KZQISK>.

Original article

PROCESSING OF COLLAGEN-CONTAINING RAW MATERIALS USING BIOCATALYTIC METHODS

Darya K. Nizamova ¹, Gulnaz R. Rakhmatullina ², Evgenia A. Pankova ³,
Rimma R. Shagivalieva ⁴, Guzel I. Garipova ⁵, Marina M. Grebenshchikova ⁶

1,2,3,4,5,6 FSBEU HE «Kazan national research technological university», Kazan, Russia

¹ nizamova.darya.93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3114-6788>

² gulnaz-f@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-2475-5174>

³ pankovaja@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-7420-1191>

⁴ shagivalieva@kstu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-1753-4304>

⁵ fusion478@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8432-2044>

⁶ grebenshchikova.marina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5237-4528>

Abstract. The study of the possibility of obtaining collagen-containing raw materials is relevant and aimed at expanding the areas of application of polymeric materials of natural origin, improving their quality and obtaining new materials with desired properties. The paper investigates the possibility of using enzyme preparations for processing collagen-containing raw materials based on chicken skins. The ability of the raw materials to diffuse was assessed, and based on the results of physical and mechanical tests and determination of the pore size, the effectiveness of enzyme

© Низамова Д. К., Рахматуллина Г. Р., Панкова Е. А., Шагивалиева Р. Р., Гарипова Г. И., Гребенщикова М. М., 2026

treatment with complex enzyme preparations "Protosubtilin G3x" at the stage of soaking and ash processes and operations for dressing raw materials from chicken skins was experimentally established in comparison with other formulations.

Keywords: collagen, chicken skins, enzyme preparations, fibering, Protosubtilin G3x, leather.

Acknowledgments: This work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, scientific and other organizations to support plans for the development of human resources in terms of stimulating their scientific and teaching staff to defend doctoral dissertations and carry out research work (Agreement No. 10/2025-PD-KNITU dated December 22, 2025).

For citation: Nizamova, D. K. [et al.]. (2026). Processing of collagen-containing raw materials using biocatalytic methods. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 265-269. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.01.042. EDN: <https://elibrary.ru/KZQISK>.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, наравне с синтетическими и искусственными полимерами, человек продолжает активно использовать и совершенствовать материалы и продукцию на основе природных полимеров, в том числе коллаген, расширяя сферы его применения. Коллагенсодержащее сырье используется для получения широкого спектра пищевой, медицинской, технической и агропродукции [1–3]. Это кожа и мех, желатин, клей, пищевые оболочки и пленки, а также продукция медицинского назначения – шовный материал, протезно-ортопедические изделия и т.д. С развитием техники и технологий развиваются и технологии переработки и модификации природных полимеров: повышается качество продукции, методы модификации позволяют получать новые материалы с заданными свойствами. увеличивается эффективность использования сырья, снижается количество отходов и выбросов, осуществляется интенсификация технологических процессов и т.д.

Применение современных технологий позволяет превратить природные полимеры в уникальные материалы различного назначения, с новыми и улучшенными свойствами [4, 5]. Традиционным сырьем для кожевенной отрасли являются шкуры крупного рогатого скота (КРС), мелкого рогатого скота (МРС), свиней, лошадей и т.д. Следует отметить, что содержание коллагена в шкурах различных биологических объектов варьируется в широких пределах (таблица 1) [6]. В таблице 1 наряду с широко используемыми видами сырья (морские млекопитающие, КРС, свиньи) представлены и нетрадиционные виды: шкурки цыплят и шкуры рыб. В настоящее время учёные пристально изучают возможности переработки данных видов коллагенсодержащего сырья с целью выделения его белковых компонентов, поскольку основой дермального слоя шкурки курицы и рыб также является белок коллаген [6]. Однако строение и характеристики шкурок цыплят в силу своих особенностей отличаются от строения традиционных кожевенных материалов.

Таблица 1 – Содержание коллагена в шкурах животных / Table 1 – Collagen content in animal skins

Наименование биологического объекта	Содержание коллагена, %
Шкура морских млекопитающих	свыше 80
Шкура КРС	80
Шкура свиньи	64
Шкурка цыплят бройлеров	21
Шкура рыб	от 2 до 12,6

Целью работы являлась оценка возможности переработки коллагенсодержащего сырья шкурок курицы для получения галантерейных кож.

Изучены объёмы сырьевой базы и проведена оценка особенностей строения сырья из шкурок курицы [7]. Отметим, что птицеводство является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей.

Согласно данным ФГБУ «Центр Агроаналитики», Россия занимает 5 место среди мировых производителей мяса бройлеров, объем выращивания составляет порядка 4 800 млн. тонн мяса в год.

МЕТОДЫ

Принимая во внимание значительную жирность шкурок курицы в качестве базовой технологии производства галантерейных кож, взята технология получения кож из шкур овец. Производство кожевенного полуфабриката заключается в последовательном проведении блоков отмочно-зольных, преддубильных, дубильных процессов и операций. Проведены экспериментальные исследования по адаптации отмочно-зольных и преддубильных процессов и операций существующих технологий выделки галантерейных кож к новому виду сырья, для этого группы контрольных и опытных образцов из шкурок курицы формировались по методу половинок. Для оценки сырья использовались органолептические и лабора-

торные методы. Оценка температуры сваривания проводилась по стандартной методике согласно ГОСТ 938.25-73. Для оценки диффузионных процессов проводили окрашивание шкурок, глубину окраса проверяли по микрофотографиям срезов дермы с использованием конфокального лазерного сканирующего микроскопа OlympusLEXT 4100, образцы перед исследованием микротомировали.

В работе рассмотрены ферментные препараты с различной активностью: липаза (1 рецептура), коллагеназа (2 рецептура) и комплексный ферментный препарат с протеолитической, эстеразной, амилазной и эластазной активностью «Протосубтилин Г3х» (3 рецептура). Ферментативную отмоку шкурок курицы проводили при температуре 35–38 °С, жидкостном коэффициенте 2 в течение 30 минут, с добавлением НПАВ. Контрольный образец обрабатывался параллельно без участия ферментного компонента (4 рецептура).

Для оценки эффективности процесса ферментативной отмоки, проведённой по четырём рецептурам, применяли газо-жидкостный порометр «Porolux™100» и специальную жидкость «Porefil» при этом оценивали поток газа, проходящего через образец.

Для оценки физико-механических свойств материалов проводили исследование прочностных характеристик на разрывной машине Shimadzu.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Первоначальное проведение цикла отмочко-зольных и преддубильных процессов и операций в соответствии с базовой технологией [9] продемонстрировало их низкую эффективность. Для выявления причин, приведших к неудовлетворительному результату, проведена органолептическая и лабораторная оценка сырья из шкурок курицы. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о затруднении диффузии рабочих растворов во внутренние слои дермы. Для наглядного подтверждения факта затрудненной диффузии проведена обработка сырья из шкурок курицы окрашивающим раствором с целью оценки глубины прокраса сырья при помощи микроскопа (рисунок 1).

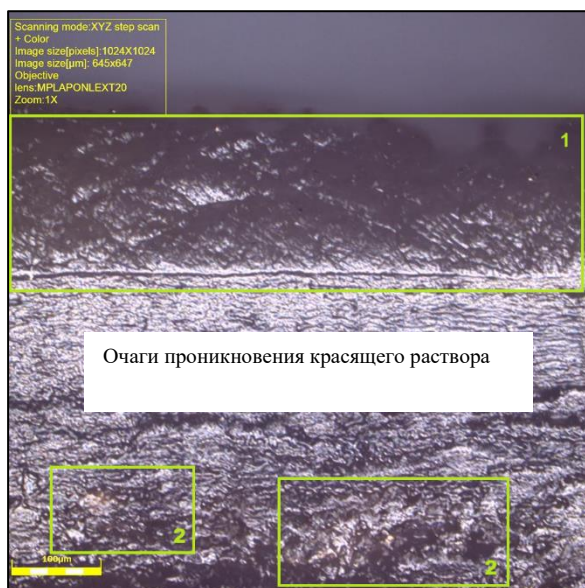


Рисунок 1 – Срез образца шкурки курицы (увеличение 20 крат), где 1 – подкожно-жировой слой; 2 – области окрашивания

Figure 1 – Section of a chicken skin sample (20x magnification), where 1 is the subcutaneous fat layer, 2 is the staining area

Из рисунка 1 видно, что наблюдается лишь очаговое проникновение красящего раствора со стороны эпидермиса через перьевые фолликулы, а со стороны бахтармы наличие подкожно-жирового слоя лимитирует диффузионные процессы. Действительно, сильно развитая подкожная соединительная ткань является неотъемлемой частью тонкого кожного покрова курицы, именно она обеспечивает его подвижность. В ходе съема шкурки подкожная соединительная ткань остаётся со стороны бахтармы и именно тут располагается жир, но в отличие от млекопитающих, у птиц он откладывается в виде одной большой капли, заполняющей всю цитоплазму [10]. Данный факт объясняет низкую эффективность эмульсионного метода обезжиривания в случае обработки сырья из шкурок куриц. Также следует отметить, что в шкурках курицы подкожная соединительная ткань крепится к дерме при помощи тонкой мембраны, состоящей из эластиновых волокон.

Таким образом, для качественной диффузии рабочих растворов первостепенной задачей является определение возможности гидролиза подкожной со-

единительной ткани и эластиновой мембраны в ходе процесса отмочки сырья из шкурок курицы, для чего использовались ферментные препараты с разной активностью: липаза (1 рецептура), коллагеназа (2 рецептура) и комплексный ферментный препарат с протеолитической, эстеразной, амилазной и эластазной активностью «Протосубтилин ГЗх» (3 рецептура).

Процесс ферментативной отмочки направлен прежде всего на увеличение проницаемости сырья шкурки куриц за счёт частичного гидролиза ряда компонентов (подкожная соединительная ткань, эластиновая мембрана, межволоконное вещество, капсулированный жир) в зависимости от природы применяемого реагента. Эффективность работы ферментов на этапе отмочки оценили по газовой проницаемости пор. Сравнительная оценка полученных результатов показала, что наибольший показатель газовой проницаемости у образца, обработанного по третьей рецептуре, т.е. с применением комплексного ферментного препарата «Протосубтилин ГЗх».

Повышение проницаемости, т.е. разделение структуры материала, подтверждается и изменением показателя температуры сваривания в результате проведения ферментативной отмочки (рисунок 2). Максимальное снижение показателя температуры сваривания на 4,5 % продемонстрировал образец, обработанный по третьей рецептуре.

Таким образом, применение комплексного ферментного препарата «Протосубтилин ГЗх» обеспечивает образцам сырья из шкурок куриц наилучшую проницаемость и может быть рекомендован к применению в процессе отмочки для данного вида сырья.

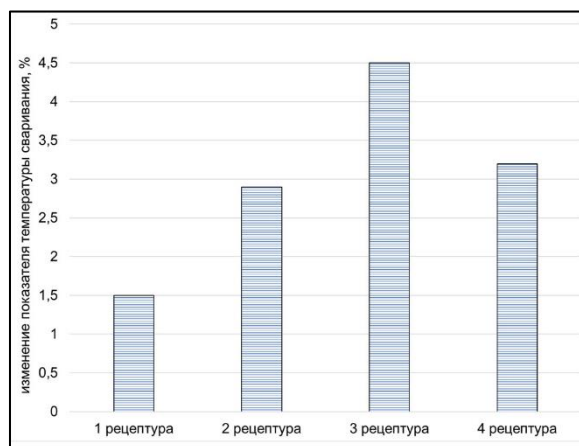


Рисунок 2 – Изменение показателя температуры сваривания образцов шкурок куриц в результате проведения ферментативной отмочки

Figure 2 – Change in the welding temperature of chicken skin samples as a result of enzymatic soaking

В соответствии с базовой технологией выработки галантерейной кожи следующим этапом обработки является комплекс процессов зольение–обеззоливание. Этот этап очень важен, так как обеспечивает глубокое разделение структурных элементов дермы. Однако проведенные исследования показали, что у образцов шкурок куриц, прошедших зольение–обеззоливание ухудшаются физико-механические показатели: прочность снижается на 25 %, а относительное удлинение уменьшается в 2 раза. Причём выявленные закономерности характерны для всех образцов,

независимо от рецептуры отмочной ванны. Вероятно, полученный негативный эффект связан с особенностями структуры шкурок куриц, а именно параллельным расположением коллагеновых волокон (рисунок 3).

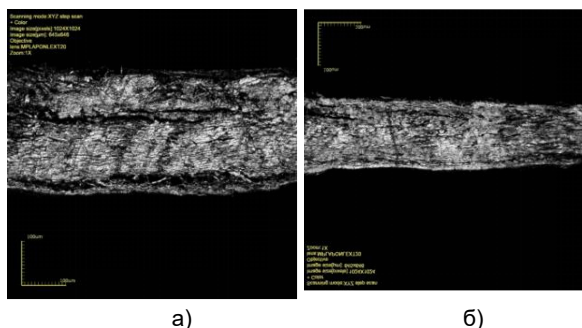


Рисунок 3 – Микрофотографии срезов дермы шкурок курицы (увеличение 20 крат):
а) с золением; б) без золениа

Figure 3 – Micrographs of sections of chicken skin dermis (magnification 20x):
a) with liming; b) without liming.

Принимая во внимание полученные результаты и учитывая структурные особенности строения шкурок куриц в технологии производства кож из данного вида сырья, проведение комплекса процессов «золение–обеззоливание» исключается.

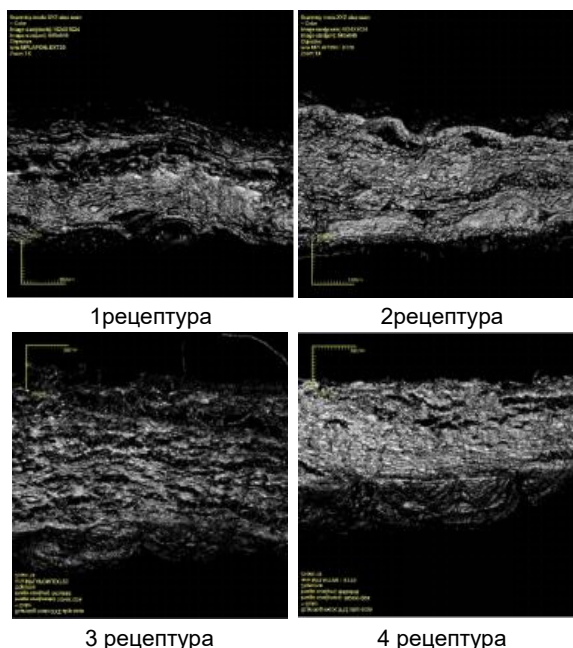


Рисунок 4 – Микрофотографии срезов образцов кожи из шкурок курицы, выработанных по различным рецептурам (увеличение 20 крат)

Figure 4 – Micrographs of sections of skin samples from chicken skins produced using different recipes (magnification 20x)

Далее согласно традиционной технологии производства кож следует пикелевание. Экспериментальные исследования подтвердили целесообразность данного процесса при низкой концентрации муравьиной кислоты (0,75 %), расходе соли 0,8 г/дм³, продолжительности процесса 30 мин, при жидкостном

коэффициенте 0,8 и температуре 20 °С. Соблюдение рекомендованных параметров позволяет максимально эффективно разделить структуру без ущерба механическим показателям готового материала и подготовить шкурки курицы к дальнейшему мездрению. Как и предполагалось, последовательное выполнение ферментативной отмочки и последующего пикелевания позволяет максимально эффективно удалить подкожный слой вместе с капсулированным жиром. При этом наилучший результат показал образец, обработанный по 3 рецептуре («Протосубтилин ГЗх»). Микрофотографии срезов полученных образцов кожи из шкур курицы представлены на рисунке 4.

Физико-механические характеристики коллагенсодержащего материала представлены в таблице 2

Таблица 2 – Физико-механические характеристики коллагенсодержащего материала

Table 2 – Physical and mechanical characteristics of collagen-containing material

Характеристики материала	Рецептура			
	1	2	3	4
Предел прочности при растяжении, МПа	5,0	5,0	7,0	6,0
Удлинение при напряжении 10 МПа, %	27,0	47,0	58,0	55,0
Размер пор (доминирующие поры), мкм	0,56	0,58	0,84	0,61

Из таблицы 2 видно, что наилучшие физико-механические характеристики коллагенсодержащего материала наблюдаются у образцов, полученных по 3 рецептуре вследствие эффективного гидролиза не коллагенсодержащей составляющей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе показана возможность и доказана высокая эффективность комплексных ферментных препаратов на этапе отмочно-зольных процессов и операций выделки сырья из шкурок куриц. Установлено, что применение комплексного ферментного препарата «Протосубтилин ГЗх» позволяет нормализовать диффузионную составляющую жидкостных процессов и обеспечить чистое мездрение шкурок за счёт частичного гидролиза подкожной соединительной ткани, эластиновой мембраны и межволоконного вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Омелько Н.А., Семенихина Н.М., Егорова Л.С. Получение коллагена для использования в регенеративной медицине // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. 2021. № 18. С. 172–174.
- Выбор коллагенсодержащего сырья и методов модификации соединительных тканей с целью получения коллагена / Л.В. Антипова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 1. С. 43–46.
- Marine origin collagens and its potential applications / T.H. Silva, J. Moreira-Silva [et al.] // Marine Drugs. 2014. Vol. 12, No. 12. P. 5881–5901. DOI: 10.3390/md12125881.
- Кадиров Т.Ж., Худанов У.О. Модифицированный коллаген с антисептическими свойствами: синтез, морфология и перспективы использования // Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство : сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. Москва : Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). 2024. С. 14–17.

ПЕРЕРАБОТКА КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

5. Гребенщикова М.М., Зиннатуллина Л.Р., Лиганов А.А. Экспериментальное установление изменения структуры натуральных коллагенсодержащих материалов в зависимости от плазменной модификации // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19, № 21. С. 96–99.

6. Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Коллагены: источники, свойства, применение / Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. 522 с.

7. Исследование структурных особенностей коллагенсодержащих материалов с различной степенью зрелости Рахматуллина Г.Р. [и др.] // Вестник технологического университета. 2024. Т. 27. В. 12. С. 170–174.

8. Цындрина Ю. Рынок мяса птицы: тенденции и возможности для развития // Животноводство России. 2024. № S3. С. 2–4.

9. Островская А.В., Лутфуллина Г.Г., Абдуллин И.Ш. Химия и технология кожи и меха: теоретические основы. ООО «Издательство ЮРАЙТ». 2017. 162 с.

10. Якименко Л.Л., Сельманович Л.А., Волосевич Д.П. Анатомия животных. Особенности анатомического строения птиц : учеб.-метод. пособие для студентов по специальностям «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная санитария и экспертиза» и слушателей ФПК и ПК / Витебск : ВГАВМ, 2023. 44 с.

Информация об авторах

Д. К. Низамова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Г. Р. Рахматуллина – доктор технических наук, профессор кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Е. А. Панкова – доктор технических наук, профессор кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Р. Р. Шагивалиева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Г. И. Гарипова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование одежды и обуви» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

М. М. Гребенщикова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

REFERENCES

1. Omel'ko, N.A., Semenihina, N.M. & Egorova, L.S. (2021). Obtaining collagen for use in regenerative medicine // *Works of young scientists of the Altai State University*. № 18. С. 172–174. (In Russ.)

2. Antipova, L.V., Storublevcev, S.A., Grebenshchikov, A.V. & Bolgova, S.B. Selection of collagen-containing raw materials and methods of modification of connective tissues for the purpose of obtaining collagen.

(2016). *Storage and processing of agricultural raw materials*. № 1. С. 43–46. (In Russ.)

3. Silva, T.H., Moreira-Silva, J. & Marques, A.L.P. Marine origin collagens and its potential applications. (2014). *Marine Drugs*. Vol. 12, No. 12. P. 5881-5901. DOI: 10.3390/md12125881.

4. Kadirov, T.ZH. & Hudanov, U.O. Modified collagen with antiseptic properties: synthesis, morphology and prospects of use. *Innovative technologies: leather, fur, chemical materials, production: Collection of scientific papers of the II International scientific and practical conference. Moscow : Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art)*. (In Russ.)

5. Grebenshchikova, M.M., Zinnatullina, L.R. & Liganov, A.A. Experimental determination of changes in the structure of natural collagen-containing materials depending on plasma modification. (2016.) // *Bulletin of the Technological University*. Т. 19, № 21. С. 96-99. (In Russ.)

6. Antipova, L.V. & Storublevcev, S.A. Collagens: sources, properties, applications. (2014). *Voronezh : Voronezh State University of Engineering Technologies*. 522 с. (In Russ.)

7. Rahmatullina, G.R., Pankova, E.A., Tihonova, V.P., Nizamova, D.K., Chapaeva, L.V. & Urusova, D.A. (2024). Study of structural features of collagen-containing materials with different degrees of maturity. *Bulletin of the Technological University*. Т. 27. V. 12. P. 170-174. (In Russ.)

8. Cyndrina, YU. Poultry meat market: trends and development opportunities. (2024). // *Animal husbandry of Russia*. № S3. P. 2-4. (In Russ.)

9. Ostrovskaya, A.V., Lutfullina, G.G. & Abdullin, I.SH. *Chemistry and technology of leather and fur: theoretical foundations*. ООО «Izdatel'stvo YURAJT». 2017. 162 s. (In Russ.)

10. YAkimenko, L.L., Sel'manovich, L.A. & Volosevich, D.P. *Animal anatomy. Features of the anatomical structure of birds. Teaching aid*. Vitebsk : VGAVM, 2023. 44 s. (In Russ.)

Information about the authors

D.K. Nizamova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Plasma-chemical Technologies of Nanomaterials and Coatings, Kazan National Research Technological University.

G.R. Rakhmatullina - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Plasma-chemical Technologies of Nanomaterials and Coatings, Kazan National Research Technological University.

E.A. Pankova - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Plasma-chemical Technologies of Nanomaterials and Coatings, Kazan National Research Technological University.

R.R. Shagivalieva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Plasma-chemical Technologies of Nanomaterials and Coatings, Kazan National Research Technological University.

G.I. Garipova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Clothing and Footwear Design, Kazan National Research Technological University.

M.M. Grebenshchikova - is a candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Plasma-chemical Technologies of Nanomaterials and coatings at the Kazan National Research Technological University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 октября 2025; одобрена после рецензирования 24 февраля 2026; принята к публикации 16 марта 2026.

The article was received by the editorial board on 07 Oct 2025; approved after editing on 24 Feb 2026; accepted for publication on 16 Mart 2026.