

Тинкториальные свойства белковых растительных добавок

Надежда Г. Черепанова	¹	ncherepanova@rambler.ru	 0000-0001-7484-9021
Ксения И. Новикова	¹	nokia_nik@bk.ru	 0009-0005-1588-048X
Алиса А. Агаркова	¹	agarkova-vasilisa@mail.ru	 0009-0003-2696-2320
Нина П. Беляева	¹	nina_belyaeva@ro.ru	 0009-0006-0199-5662
Елена А. Просекова	¹	proseka2004@yandex.ru	 0000-0003-1819-0618

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская улица, 49, г. Москва, 127434, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы выявления растительных белковых добавок, используемых в мясной промышленности, с помощью гистологических методов. Исследовались следующие добавки: соевый изолированный белок (Soy Protein Isolate Powder 90%), гороховый протеин (Pea Protein Powder 80%) и рисовый протеин (Rice Protein Powder 80%), которые были предоставлены фирмой Summit Ingredients Co., Ltd. (Китай). Изготавливались образцы фарша из куриной грудки, в 10 г фарша добавлялось 0,2 г сухой добавки. Гистологические образцы изготавливались по стандартным методикам. Проводилось окрашивание разными группами красителей, указанных в нормативных документах. Каждый образец окрашивался следующими красителями: гематоксилин-эозином; гематоксилин-эозином с дополнительным окрашиванием суданом III; гематоксилином и суданом III. В результате был составлен каталог микрофотографий данных добавок. Фрагменты рисового протеина имеют форму многоугольных глыбок, неоднородной структуры без отверстия. Окрашиваются только эозином оксифильно. Фрагменты соевого изолята имеют разнообразную форму с округлыми очертаниями с отверстием внутри. Воспринимают гематоксилин, окрашиваются базофильно. Фрагменты горохового протеина характеризуются более округлыми формами, также с отверстием внутри. Воспринимают гематоксилин, окрашиваются в фиолетовый цвет. В данной работе мы столкнулись с несоответствием тинкториальных свойств соевого изолята и горохового протеина с нормативными документами, что делает актуальными дальнейшие исследования этих добавок. Растительные добавки сои и гороха, относящихся к одному семейству, демонстрируют сходные морфологические и тинкториальные свойства, что затрудняет их гистологическую идентификацию и требует дополнительных генетических методов исследования. Это дает возможность недобросовестным производителям использовать гороховый протеин как фальсифицирующую добавку, так как при ПЦР исследовании чаще всего исследуют ДНК сои.

Ключевые слова: соевый изолят, растительные добавки, гистология, тинкторные свойства, качество продуктов, гороховый протеин, рисовый протеин.

Tinctorial properties of a non-meat proteins

Nadezhda G. Cherepanova	¹	ncherepanova@rambler.ru	 0000-0001-7484-9021
Ksenia I. Novikova	¹	nokia_nik@bk.ru	 0009-0005-1588-048X
Alisa A. Agarkova	¹	agarkova-vasilisa@mail.ru	 0009-0003-2696-2320
Nina P. Belyaeva	¹	nina_belyaeva@ro.ru	 0009-0006-0199-5662
Elena A. Proseкова	¹	proseka2004@yandex.ru	 0000-0003-1819-0618

¹ Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federation

Abstract. The article discusses the identification of vegetable protein additives used in the meat industry using histological methods. The supplements tested were Soy Protein Isolate Powder 90%, Pea Protein Powder 80%, and Rice Protein Powder 80%, which were provided by Summit Ingredients Co., Ltd. (China). Samples of minced chicken breast were prepared; 0.2 g of dry additive was added to 10 g of minced meat. Histological samples were prepared using standard methods. Staining was carried out with different groups of dyes specified in regulatory documents. Each sample was stained with the following dyes: hematoxylin-eosin; hematoxylin-eosin with additional Sudan III staining; hematoxylin and Sudan III. As a result, a catalog of microphotographs of these additives was compiled. Rice protein fragments have the shape of polygonal lumps with a heterogeneous structure without holes. They stain only oxyphilically with eosin. Soy isolate fragments have a variety of shapes with rounded outlines with a hole inside. They perceive hematoxylin and stain basophilic. Pea protein fragments are characterized by more rounded shapes, also with a hole inside. They perceive hematoxylin and turn purple. In this work, we encountered a discrepancy between the tinctorial properties of soy isolate and pea protein and regulatory documents, which makes further research on these additives relevant. Soybean and pea food additives, which belong to the same family, demonstrate similar morphological and tinctorial properties, which complicates their histological identification and requires additional genetic research methods. This makes it possible for unscrupulous manufacturers to use pea protein as a counterfeit additive, since PCR studies most often examine soybean DNA.

Keywords: soy protein isolate, non-meat proteins, histology, tinctorial properties, products quality, pea protein, rice protein.

Для цитирования

Черепанова Н.Г., Новикова К.И., Агаркова А.А., Беляева Н.П., Просекова Е.А. Тинкториальные свойства белковых растительных добавок // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 33–39. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-33-39

For citation

Cherepanova N.G., Novikova K.I., Agarkova A.A., Belyaeva N.P., Proseкова E.A. Tinctorial properties of a non-meat proteins. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 33–39. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-33-39

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время в мясной промышленности одной из задач является расширение ассортимента производимой продукции. При этом важно не только создать продукт, отвечающий спросу потребителей, но и сократить потери при производстве, для получения наибольшей выгоды. Для этого существует большое количество технологий, используемых в мясной промышленности, включая разработку различных белковых добавок, для сохранения питательности и удешевления мясных изделий, при сохранении их качества. С целью разработки новых немясных добавок изучаются различные животные и растительные компоненты, такие как молочные и сывороточные белки, белки на основе соединительных тканей. В литературе показана их роль в улучшении вкуса, цвета и текстурных свойств мясных продуктов [1, 2], а также способность связывать воду и жир для улучшения текстуры продукта [3]. Одно из наиболее частых используемых растений в качестве дополнительного источника белка – соя [437]. Эта культура содержит все незаменимые аминокислоты, кроме метионина и цистеина, содержит редкую жирную кислоту омега-3 [5]. Полагают, что соевый белок равнозначен белку куриного яйца или молока, и, следовательно, соя является лучшим источником для получения изолятов растительных белков [6].

На основе бобов сои получают следующие продукты: соевую муку (содержание белка (50–65% белка), концентрат соевого белка (SPC) (65–90% белка) и изолят соевого белка (SPI) (более 90% белка) [7].

Наибольшее распространение получил изолят соевого белка. Он получил широкое применение в пищевой промышленности, помимо использования в мясной промышленности для приготовления различных видов колбас и ветчин, его включают в смеси для детского питания, рекомендуемые для младенцев с непереносимостью белков коровьего молока [8]. Этому способствовали положительные качества этого продукта, такие как гелеобразующие свойства, влагоудерживающая способность, создание вязкости [9, 10]. Применение соевого изолята улучшает физико-химические свойства фарша для колбасных изделий [9], стабилизирует свойства мясных продуктов, повышает влаго-связывающую способность и липкость мясного фарша. Благодаря ему формируется густота и сочность продукта. По своим функциональным и технологическим свойствам изолят соевого белка действует аналогично структурообразующим мышечным белкам нежирного мяса [5].

Применение соевого изолята в рецептуре может способствовать увеличению выхода продукции [5, 11]. В некоторых случаях использование соевого изолята позволяет снизить использование жировой ткани [12]. Возможно применение изолята соевого белка для исправления качественных характеристик мясного сырья [2].

Обладая очевидными технологическими преимуществами, соя и ее продукты вызывают опасения в связи с некоторыми факторами. Например, для получения соевых белков в виде изолята или концентрата, бобы проходят многоступенчатую обработку, связанную с экстрагированием жира и удалением углеводов, применением растворителей и щелочей, что вызывает обеспокоенность их влиянием на здоровье потребителей [7].

В литературе нет однозначного мнения о влиянии сои, соевых продуктов и соевого белка на здоровье человека [13]. В качестве примеров положительного воздействия отмечают снижение уровня холестерина, липопротеинов низкой плотности и предотвращение рака [6, 14]. В то же время производные сои довольно часто вызывают аллергию [15]. Соевые бобы содержат много аллергенных белков, а именно липоксидазу, глицинин и β -глицинин, образующийся из глобулинов [16, 17]. Описаны негативные воздействия соевых протеинов на почки, печень, железы внутренней секреции [15].

Таким образом, необходимо регулировать количество сои и других растительных добавок (например, из гороха, пшеницы, риса) и их упоминание на этикетках товаров, чтобы избежать фальсификации и рисков, связанных со здоровьем потребителей [18].

Следовательно, необходим поиск способов выявления растительных добавок (например, изолята соевого белка) для контроля качества мясной продукции. Существует несколько способов идентификации растительных добавок. Самые известные из них полимеразная цепная реакция (ПЦР), иммуноферментный анализ и гистологический метод [17, 19]. Используя гистологический метод, можно увидеть растительные структуры, которые сильно отличаются от мышечных волокон и явно свидетельствуют о наличии растительных добавок в продукте.

Согласно ГОСТу 31474–2012 «Мясо и мясные продукты. Гистологический метод определения растительных белковых добавок» в гистологических исследованиях применяется гематоксилин и эозин, а по ГОСТу 31479–2012 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологической идентификации состава» используется также судан III вместе с перечисленными красителями.

Гематоксилин окрашивает базофильные структуры клетки ярко-синим цветом [20], он достаточно устойчив к кислотным растворам, чтобы участвовать в гистологических методах с несколькими этапами. Эозин окрашивает эозинофильные клеточные структуры красно-розовым цветом, а судан используются для окрашивания триглицеридов в замороженных срезах и некоторых липидов, связанных с белками, и липопротеинов на парафиновых срезах.

Тинкториальные свойства растительных добавок мало освещены в литературе [21], но выявление этих компонентов в продуктах питания имеет важное значение при качественной оценке мясных изделий, как гарант безопасности для потребителя [22].

Цель работы – провести исследование микроструктурных и тинкториальных свойств растительных белковых добавок.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили растительные белковые добавки: соевый изолированный белок (изолят соевого белка) (Soy Protein Isolate Powder 90%), гороховый протеин (Pea Protein Powder 80%) и рисовый протеин (Rice Protein Powder 80%), которые были предоставлены фирмой Summit Ingredients Co., Ltd. Страна производства – Китай. В качестве мясного сырья использовался самостоятельно изготовленный фарш из куриной грудки, так как грудная мышца птицы содержит мало жира и является хорошим фоном для исследуемых добавок. Для изготовления образцов 10 г. фарша замешивались вручную с навесками белковых добавок по 0,2 г. Образцы для фиксации помещали в 10% формалин на 24 часа. Далее производилась заливка в желатин согласно ГОСТ 31479–2012 «Мясо и мясные продукты. Метод гистологической идентификации состава». Образцы последовательно проводили через желатин от 12,5 до 25% при температуре 37 °C по 24 часа. Далее их заливали 25% желатином до застывания желатина при комнатной температуре. Гистологические срезы изготавливались на замораживающем микротоме. Каждый из образцов окрашивался тремя методами: согласно ГОСТ 31479–2012 гематоксилин-эозином и гематоксилин-эозином с дополнительным окрашиванием суданом III. Для более точной детализации взаимодействия с красителями, проводили окрашивание образцов гематоксилином и суданом III, без применения эозина. После чего препараты заключались в глицерин-желатин и исследовались под световым микроскопом при увеличении в 400 раз. От каждого образца исследовали по 4 среза.

Результаты

При использовании гематоксилина и эозина ярко окрашены, как фрагменты белковых добавок, так и мышечная ткань на всех образцах. Жир прокрашивается суданом III и имеет ярко оранжевую окраску. При применении гематоксилина и судана III (без эозина) можно наблюдать жировые включения, но мышечная ткань менее интенсивно окрашена, так как гематоксилин, являясь основным ядерным красителем, хорошо прокрашивал ядерные структуры и слабо саркоплазму волокон. Если использовать все три красителя, то все структуры ярко окрашены, и видны жировые включения.

ГОСТ 31474–2012 «Мясо и мясные продукты. Гистологический метод определения растительных белковых добавок» описывает соевый изолированный белок как частицы, окрашенные в розовый цвет, округлой формы с отверстием внутри. Также могут встречаться частицы в виде гантели, цветка. Результаты нашего исследования окраски изолята соевого белка гематоксилином и эозином, представленные на рисунке 1, показывают, что форма частиц данной добавки отличается большим морфологическим разнообразием. Размеры частиц могут варьировать от нескольких до сотни микрометров. Встречаются частицы округлой, гантелевидной формы. Кроме того, встречаются частицы неправильной, произвольной формы или формы цветка. Но для всех частиц характерно наличие отверстия внутри. Больше воспринимают основные красители, окрашиваются базофильно при использовании гематоксилин-эозина и при дополнительном докрашивании суданом. При отсутствии эозина добавка имеет более светлый фиолетовый цвет. Это подтверждает, что соевый изолированный белок воспринимает гематоксилин.

Гороховый протеин, представленный на рисунке 2, представляет собой частицы разнообразной формы: округлые, овальные, гантелевидные, сложной формы. Во всех фрагментах внутри присутствует отверстие, повторяющее форму самой частицы. Окрашивание гематоксилином и эозином показывает, что частицы больше прокрашиваются гематоксилином и имеют фиолетовый цвет. При отсутствии эозина частицы прокрашиваются гематоксилином в слабо фиолетовый цвет. Размер частиц так же очень переменчивый, встречаются и небольшие фрагменты около 5 мкм, много фрагментов среднего размера, встречаются некоторые фрагменты размером около 100 мкм.

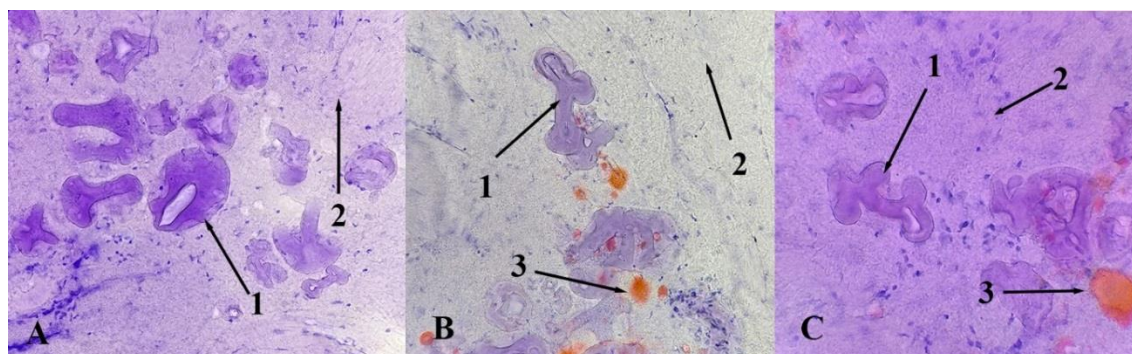


Рисунок 1. Фрагменты изолированного соевого белка в мясном фарше (увеличение в 400 раз): А – окраска гематоксилином и эозином; В – окраска гематоксилином и суданом III; С – окраска гематоксилином, эозином и суданом III; 1 – фрагменты изолята соевого белка; 2 – мышечная ткань; 3 – жир.

Figure 1. Isolated soy protein fragments in minced meat (400x magnification): A – hematoxylin and eosin staining; B – hematoxylin and sudan III staining; C – hematoxylin, eosin and sudan III staining; 1 – fragments of the isolated soy protein; 2 – muscle tissue; 3 – fat.

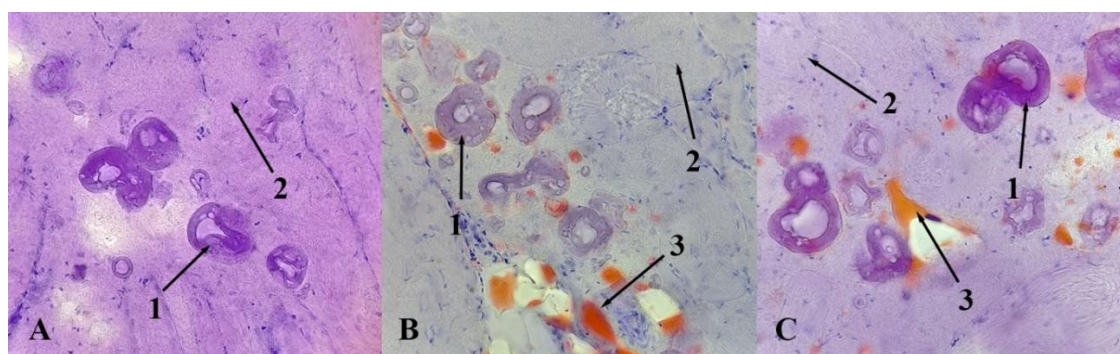


Рисунок 2. Фрагменты горохового протеина в мясном фарше (увеличение в 400 раз): А – окраска гематоксилином и эозином; В – окраска гематоксилином и суданом III; С – окраска гематоксилином, эозином и суданом III; 1 – фрагменты изолята горохового белка; 2 – мышечная ткань; 3 – жир.

Figure 2. Fragments of pea protein in minced meat (400x magnification): A – hematoxylin and eosin staining; B – hematoxylin and sudan III staining; C – hematoxylin, eosin and sudan III staining; 1 – fragments of the isolated soy protein; 2 – muscle tissue; 3 – fat.

На рисунке 3 представлены фотографии при разных методах окрашивания рисового протеина в мясном фарше. Фрагменты добавки представлены глыбками многоугольной формы разного размера, без полости внутри. Структура

частиц неомогенная, зернистая. При окрашивании гематоксилин-эозином и при докрасивании суданом фрагменты протеина окрашиваются оксифильно в ярко-розовый цвет. При отсутствии эозина фрагменты остаются бесцветными.

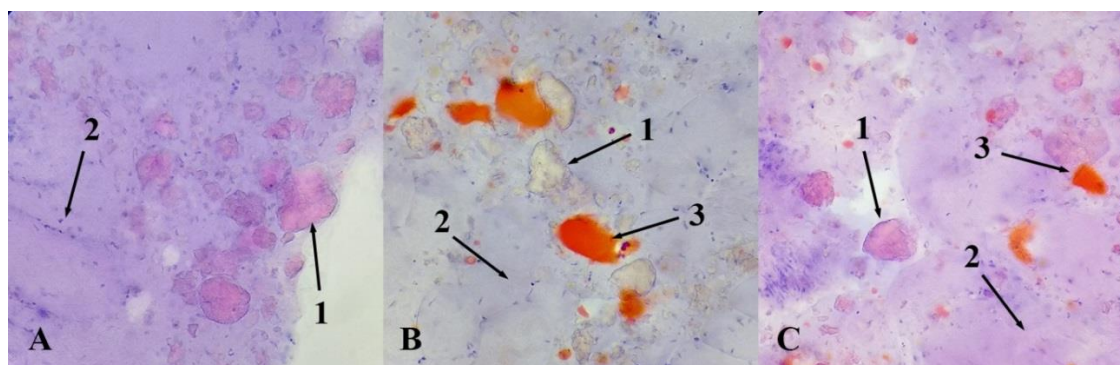


Рисунок 3. Фрагменты рисового протеина в мясном фарше (увеличение в 400 раз): А – окраска гематоксилином и эозином; В – окраска гематоксилином и суданом III; С – окраска гематоксилином, эозином и суданом III; 1 – фрагменты рисового протеина; 2 – мышечная ткань; 3 – жир.

Figure 3. Fragments of rice protein in minced meat (400x magnification): A – hematoxylin and eosin staining; B – hematoxylin and sudan III staining; C – hematoxylin, eosin and sudan III staining; 1 – fragments of the isolated soy protein; 2 – muscle tissue; 3 – fat.

Обсуждение

При всех используемых в оценке качества мясных продуктов методах окрашивания, соевый изолят и гороховый протеин демонстрирует похожую картину. Фрагменты добавок отличаются большим полиморфизмом. Можно встретить разнообразные формы от округлой и овальной до неправильной, встречаются формы в виде гантели или цветка. Особенность этих добавок обязательное наличие отверстия внутри фрагмента, чаще всего отверстие напоминает форму самой частицы. В каждом окрашивании чётко прослеживаются структуры добавки, которые проявляют базофилию. Эозин очень слабо прокрашивает фрагменты в розовый цвет, частицы обладают большим сродством к гематоксилину. При отсутствии эозина фрагменты хорошо прокрашиваются гематоксилином, эозин же дает более розовый фон, не меняя окраску кардинально. Это противоречит описаниям данной добавки в исследованиях других авторов [21]. Возможно, такие противоречия обусловлены использованием разных видов гематоксилина.

Морфологически частицы соевого изолята и горохового протеина очень похожи друг на друга, что объясняется близким родством данных ботанических видов. Незначительной особенностью горохового протеина является то, что в добавке встречается больше частиц округлой формы, чем в соевом изоляте. Вероятность идентифицировать эти две добавки в составе готового продукта гистологическим методом мала, для подтверждения необходимы дополнительные методы исследования, такие как ПЦР метод. Сходная морфологическая картина дает возможность недобросовестным производителям добавлять в продукт гороховый протеин, который достаточно редко используется по сравнению с соевым. При этом стандартным ПЦР анализом на сою эта добавка не сможет быть выявлена.

Рисовый протеин морфологически очень сильно отличается от бобовых. Его форма, отсутствие отверстия и тинкториальные свойства позволяют его легко идентифицировать от изолята бобовых. Он окрашивался оксифильно только там, где применялся эозин, без использования эозина оставался бесцветным. Это говорит о том, что рисовый протеин обладает основными свойствами, в отличие от бобовых.

Заключение

Наши исследования белковых добавок из бобовых растений выявили их морфологическое сходство и похожие тинкториальные свойства. Фрагменты соевого изолята и горохового протеина имеют разнообразную форму с округлыми очертаниями с отверстием внутри. Воспринимают гематоксилин, окрашиваются базофильно в фиолетовый цвет. Незначительным морфологическим отличием горохового протеина является большее количество частиц с округлой формы. Таким образом гистологическая идентификация добавок из сои и гороха является затруднительной.

Фрагменты рисового протеина имеют форму многоугольных глыбок, неоднородной структуры без отверстия. Окрашиваются только эозином.

В нашей работе мы столкнулись с несоответствием выявленных свойств окрашивания добавок соевого изолята и горохового протеина данным других исследований. Противоречие полученных нами данных о способности соевого изолята и горохового протеина воспринимать гистологические красители говорит о том, что изучение тинкторных свойств данных добавок является актуальным и, возможно, возникнет необходимость корректировок нормативных актов.

Благодарности

Выражаем благодарность фирме Summit Ingredients Co., Ltd. за предоставленные для исследований образцы добавок.

Литература

- 1 Owusu-Ansah P., Kwarteng E., Bonah E., Amagloh F.K. Non-meat ingredients in meat products: A scoping review // Journal Applied Food Research. 2022. V. 2(1). P. 100–114. doi: 10.1016/j.afres.2022.100044
- 2 Зобнина Л.С., Прошко Л.А., Машанов А.И. Функционально-технологические свойства белоксодержащих добавок и белковых препаратов // Вестник КрасГАУ. 2009. № 7. С. 151–154.
- 3 Velemir A. Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages // Journal Foods and Raw Materials. 2020. V. 8(2). P. 259–267. doi: 10.21603/2308–4057–2020–2–259–267
- 4 Прянишников В.В. Белковые компоненты в мясных технологиях // Мясная индустрия. 2011. № 11. С. 34–35.
- 5 Fatkhullaev A., Safarov A., Atazhanova A., Nazarov A. Production technology of soy protein additives for use in meat products // E3S Web of Conferences 2023. V. 389 (1). P. 03041. doi: 10.1051/e3sconf/202338903041
- 6 Vishal R., Sonawane S., Munje S. Food fortification of soy protein isolate for human health // Research Journal of Chemistry and Environment. 2018. V. 22. P. 108–115.
- 7 Mark M., Alison M., Virginia M., Lynch Heidi L. et al. The health effects of soy: A reference guide for health professionals // Frontiers in Nutrition. 2022. V. 9. doi: 10.3389/fnut.2022.970364
- 8 Astawan M., Prayudani A. The Overview of Food Technology to Process Soy Protein Isolate and Its Application toward Food Industry // World Nutrition Journal. 2020. V. 4. P. 12.
- 9 Sha, L., Liu S. Effects of soybean protein isolate on protein structure, batter rheology, and water migration in emulsified sausage // Journal Citation Reports. 2020. V. 44(9). P. 1–10. doi: 10.1111/jfpp.14711
- 10 Xie J., Zou X.L., Li Y. et al. Effects of high-pressure-modified soy 11S globulin on the gel properties and water-holding capacity of pork batter // Journal Citation Reports. 2020. V. 57 (4). P. 2459–2466. doi: 10.1111/ijfs.15607

- 11 Akesowan A. Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour // *African Journal of Biotechnology*. 2008. V. 7. № 24
- 12 Moirangthem S., Laskar S., Das A. et al. Effect of incorporation of soy protein isolate and inulin on quality characteristics and shelf-life of low-fat duck meat sausages // *Anim Biosci*. 2022. V. 35. № 8. P. 1250–1257. doi: 10.5713/ab.21.0530
- 13 Xiao CW. Health effects of soy protein and isoflavones in humans // *J Nutr*. 2008. V. 138. № 6. P. 1244–1249. doi: 10.1093/jn/138.6.1244S
- 14 Hasler C.M. The cardiovascular effects of soy products // *The Journal of cardiovascular nursing*. 2002. V. 16. № 4. P. 50–76.
- 15 Sukalingam K., Ganesan K., Das S., Thent Z.C. An insight into the harmful effects of soy protein: A review // *Clin Ter*. 2015. V. 166. № 3. P. 131–9. doi: 10.7417/CT.2015.1843
- 16 De la Cruz S., Martín R., Gonzalez Alonso I., López-Calleja I. Recent advances in detection of food allergens // *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*. 2017. V. 1592. P. 263–295. doi: 10.1007/978-1-4939-6925-8_20
- 17 Soares S., Amaral J.S., Mafra I., Oliveira M. A PCR assay to detect trace amounts of soybean in meat sausages // *International Journal of Food Science & Technology*. 2010. V. 45. № 12. P. 2581–2588. doi: 10.1111/j. 1365-2621.2010.02421.x
- 18 Козлова Т.А. К вопросу безопасности и контроля качества мясного сырья и мясных продуктов в России // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2012. № 5(5). С. 33–38.
- 19 Cellerino K. Soy Protein Detection in Raw and Cooked Meat Products Using Different ELISA Kits // *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2016. V. 4. P. 170. doi: 10.11648/j.jfns.20160406.15
- 20 Turkistani Hani Al., Faris N., Zuhair M. Histological Stains: A Literature Review and Case Study // *Global Journal of Health Science*. 2015. V. 8. doi: 10.5539/gjhs.v8n3p72
- 21 Хвилья С.И., Пчелкина В.А., Бурлакова С.С. Применение гистологического анализа при исследовании мясного сырья и готовых продуктов // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 3(26). С. 1–7.
- 22 Semak A.E., Kazakova E.V., Cherepanova N.G. et al. Improving the Quality of Evaluation of Meat Products // *Entomology and Applied Science Letters*. 2021. V. 8. № 2. P. 78–84. doi: 10.51847/CUMJASGUCH

References

- 1 Owusu-Ansah P., Kwarteng E., Bonah E., Amagloh F.K. Non-meat ingredients in meat products: A scoping review. *Journal Applied Food Research*. 2022. vol. 2(1). pp. 100–114. doi: 10.1016/j.afres.2022.100044
- 2 Zobnina L.S., Proshko L.A., Mashanov A.I. Functional and technological properties of protein-containing additives and protein preparations. *Bulletin of KrasGAU*. 2009. no. 7. pp. 151–154. (in Russian).
- 3 Velemir A. Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages. *Journal Foods and Raw Materials*. 2020. vol. 8(2). pp. 259–267. doi: 10.21603/2308-4057-2020-2-259-267
- 4 Pryanishnikov V.V. Protein components in meat technologies. *Meat industry*. 2011. no. 11. pp. 34–35. (in Russian).
- 5 Fatkhullaev A., Safarov A., Atazhanova A., Nazarov A. Production technology of soy protein additives for use in meat products». *E3S Web of Conferences* 2023. vol. 389 (1). pp. 03041. doi: 10.1051/e3sconf/202338903041
- 6 Vishal R., Sonawane S., Munje S. Food fortification of soy protein isolate for human health. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 2018. vol. 22. pp. 108–115.
- 7 Mark M., Alison M., Virginia M., Lynch Heidi L. et al. The health effects of soy: A reference guide for health professionals. *Frontiers in Nutrition*. 2022. vol. 9. doi: 10.3389/fnut.2022.970364
- 8 Astawan M., Prayudani A. The Overview of Food Technology to Process Soy Protein Isolate and Its Application toward Food Industry. *World Nutrition Journal*. 2020. vol. 4. pp. 12.
- 9 Sha, L., Liu S. Effects of soybean protein isolate on protein structure, batter rheology, and water migration in emulsified sausage. *Journal Citation Reports*. 2020. vol. 44(9). pp. 1–10. doi: 10.1111/jfpp.14711
- 10 Xie J., Zou X.L., Li Y. et al. Effects of high-pressure-modified soy 11S globulin on the gel properties and water-holding capacity of pork batter. *Journal Citation Reports*. 2020. vol. 57 (4). pp. 2459–2466. doi: 10.1111/jifs.15607
- 11 Akesowan A. Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. *African Journal of Biotechnology*. 2008. vol. 7. no. 24
- 12 Moirangthem S., Laskar S., Das A. et al. Effect of incorporation of soy protein isolate and inulin on quality characteristics and shelf-life of low-fat duck meat sausages. *Anim Biosci*. 2022. vol. 35. no. 8. pp. 1250–1257. doi: 10.5713/ab.21.0530
- 13 Xiao CW. Health effects of soy protein and isoflavones in humans. *J Nutr*. 2008. vol. 138. no. 6. pp. 1244–1249. doi: 10.1093/jn/138.6.1244S
- 14 Hasler C.M. The cardiovascular effects of soy products. *The Journal of cardiovascular nursing*. 2002. vol. 16. no. 4. pp. 50–76.
- 15 Sukalingam K., Ganesan K., Das S., Thent Z.C. An insight into the harmful effects of soy protein: A review. *Clin Ter*. 2015. vol. 166. no. 3. pp. 131–9. doi: 10.7417/CT.2015.1843
- 16 De la Cruz S., Martín R., Gonzalez Alonso I., López-Calleja I. Recent advances in detection of food allergens». *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*. 2017. V. 1592. pp. 263–295. doi: 10.1007/978-1-4939-6925-8_20
- 17 Soares S., Amaral J.S., Mafra I., Oliveira M. A PCR assay to detect trace amounts of soybean in meat sausages. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010. vol. 45. no. 12. pp. 2581–2588. doi: 10.1111/j. 1365-2621.2010.02421.x
- 18 Kozlova T.A. On the issue of safety and quality control of raw meat and meat products in Russia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2012. no. 5(5). pp. 33–38. (in Russian).
- 19 Cellerino K. Soy Protein Detection in Raw and Cooked Meat Products Using Different ELISA Kits. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2016. vol. 4. pp. 170. doi: 10.11648/j.jfns.20160406.15
- 20 Turkistani Hani Al., Faris N., Zuhair M. Histological Stains: A Literature Review and Case Study. *Global Journal of Health Science*. 2015. vol. 8. doi: 10.5539/gjhs.v8n3p72
- 21 Khvilya S.I., Pchelkina V.A., Burlakova S.S. Application of histological analysis in the study of raw meat and finished products. *Equipment and technology of food production*. 2012. no. 3(26). pp. 1–7. (in Russian).
- 22 Semak A.E., Kazakova E.V., Cherepanova N.G. et al. Improving the Quality of Evaluation of Meat Products. *Entomology and Applied Science Letters*. 2021. vol. 8. no. 2. pp. 78–84. doi: 10.51847/CUMJASGUCH

Сведения об авторах

Надежда Г. Черепанова старший преподаватель, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, ncherepanova@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7484-9021>

Ксения И. Новикова студент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, nokia_nik@bk.ru

<https://orcid.org/0009-0005-1588-048X>

Алиса А. Агаркова аспирант, кафедра частной зоотехнии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, Россия, agarkova-vasilisa@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-2696-2320>

Нина П. Беляева к.б.н., доцент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, г. Москва, 127434, nina_belyaeva@ro.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0199-5662>

Елена А. Просекова к.б.н., доцент, кафедра морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская улица, дом 49, г. Москва, 127434, Россия, proseka2004@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda G. Cherepanova senior lecturer, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, Russian Federaton, ncherepanova@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7484-9021>

Ksenia I. Novikova student, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550 Russian Federaton, nokia_nik@bk.ru

<https://orcid.org/0009-0005-1588-048X>

Alisa A. Agarkova graduate student, special animal husbandry department, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550 Russian Federaton, agarkova-vasilisa@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-2696-2320>

Nina P Belyaeva Cand. Sci. (Biol.), associate professor, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550 Russian Federaton, nina_belyaeva@ro.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0199-5662>

Elena A. Prosekova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, morphology and veterinary and sanitary examination departments, Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550, proseka2004@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Contribution

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 13/03/2024	После редакции 09/04/2024	Принята в печать 26/04/2024
Received 13/03/2024	Accepted in revised 09/04/2024	Accepted 26/04/2024