

Биологически активные вещества крови убойных животных – перспективное векторное направление в мясной отрасли

Елена В. Литвинова	¹	litvinovaev@mgupp.ru	 0000-0005-5109-7300
Сергей Н. Кидяев	¹	ser-kidyaev@ya.ru	 0000-0002-4089-2475
Виктория Л. Лапшина	¹	vic.toria.lapshina@inbox.ru	 0000-0001-6749-7806
Ирина О. Артемьева	²	piard@ya.ru	 0000-0002-3559-2435

1 Московский государственный университет пищевых производств, Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия

2 Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, 50, г. Балашиха, Московская область, 143907, Россия

Аннотация. Кровь убойных животных – ценное сырье для производства широкого ассортимента продукции пищевого, лечебного, кормового и технического назначения. Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что кровь представляет собой высокоценное пищевое сырье, а также обладает специфическими лечебными свойствами. Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков, минеральных солей, витаминов и гормонов. В статье представлена информация о биологически активных веществах, которые можно получать из крови убойных животных, к которым относятся: ангиогенин, фоллистатин, гепарин. Биологически активные вещества крови в значительной степени могут изменять течение биохимических реакций, что способствуют нормальному функционированию организма человека. Например, влиять на цитокиновое звено иммунитета, проявлять антимикробные свойства, ингибировать дегрануляцию полиморфоядерных лейкоцитов, улучшать кровообращение, положительно воздействовать на липемическую плазму, выводить хиломикроны из крови, снижать уровень холестерина. Представленная информация позволяет сформулировать основные перспективные направления использования этих биологически активных веществ в медицине и пищевой промышленности, а также приведены примеры возможного их использования в технологическом цикле производства функциональных продуктов питания на мясной основе. В существующих реалиях и развития мясной отрасли и трендах функционального питания, рассмотренные биологически активные вещества весьма перспективно и актуально для использования в технологическом цикле производства мясных продуктов для детерминированных групп населения.

Ключевые слова: биологически активные вещества, ангиогенин, мясные продукты, функциональные продукты питания, форменные элементы крови, базофилы, гепарин

Biologically active substances of the slaughter animals blood – a promising vector direction in the meat industry

Elena V. Litvinova	¹	litvinovaev@mgupp.ru	 0000-0005-5109-7300
Sergey N. Kidyaev	¹	ser-kidyaev@ya.ru	 0000-0002-4089-2475
Victoria L. Lapshina	¹	vic.toria.lapshina@inbox.ru	 0000-0001-6749-7806
Irina O. Artemeva	²	piard@ya.ru	 0000-0002-3559-2435

1 Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia

2 Russian State Agrarian Correspondence University, Enthusiasts H., 50, Balashikha, 143907, Russia

Abstract. Slaughter animals blood is a valuable raw material for the production of a wide range of food, medical, feed and technical products. The use of blood for food and feed purposes is due to the high content of complete proteins in it. Studies of domestic and foreign scientists proved that blood is a highly valuable food raw material, and has specific medicinal properties. The application of blood for food and feed purposes is due to the high content of high-grade proteins, mineral salts, vitamins and hormones in it. Information about biologically active substances that can be obtained from the slaughter animals blood, which include angiogenin, follistatin, heparin, was presented in the article. Biologically active substances in the blood can change the course of biochemical reactions to a large extent. It contributes to the normal functioning of the human body, for example, to influence the cytokine link of immunity, exhibit antimicrobial properties, inhibit the degranulation of polymorphonuclear leukocytes, improve blood circulation, have a positive effect on lipemic plasma, remove chylomicrons from the blood, and lower cholesterol levels. The information presented allows us to formulate the main promising directions for the use of these biologically active substances in medicine and the food industry. The examples of their possible use in the technological cycle of functional meat-based food products manufacturing are also given in the work. The biologically active substances studied in the work are very promising and relevant for use in the technological cycle of the meat products manufacturing for determined groups of the population in the existing realities of the development of the meat industry and trends in functional nutritions.

Keywords: biologically active substances, angiogenin, meat products, functional foods, blood cells, basophils, heparin.

Для цитирования

Литвинова Е.В., Кидяев С.Н., Лапшина В.Л., Артемьева И.О. Биологически активные вещества крови убойных животных – перспективное векторное направление в мясной отрасли // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 72–78. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-72-78

For citation

Litvinova E.V., Kidyaev S.N., Lapshina V.L., Artemeva I.O. Biologically active substances of the slaughter animals blood – a promising vector direction in the meat industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 72–78. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-72-78

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

Введение

Кровь убойных животных – ценное сырье для производства широкого ассортимента продукции пищевого, лечебного, кормового и технического назначения. Качество крови в нашей стране контролируется ГОСТ 33674–2015 «Кровь и продукты ее переработки. Технические условия (с Поправкой)».

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что кровь представляет собой высокоценное пищевое сырье, а также обладает специфическими лечебными свойствами, поскольку данная жидкая составляющая таит в себе большое количество биологически активных веществ и, соответственно, содержит кладезь полезной информации, недаром анализы крови являются одним из ключевых инструментов диагностики [1–3].

Использование крови на пищевые и кормовые цели обусловлено высоким содержанием в ней полноценных белков. Общее количество белков в крови зависит от вида, возраста, упитанности животных, условий кормления и содержания, и составляет 16,5–19,0% массы крови [1].

Биологическая ценность крови обуславливается значительным содержанием белков, минеральных солей, витаминов и гормонов. По содержанию белковых веществ кровь можно сравнить с мясом. Например, массовая доля белка в говядине составляет 20,5%, в крови – около 18,5% [4].

Если акцентировать внимание на сырьевой базе, то есть на количестве крови в туше животного, то стоит отметить, что содержание крови у крупного рогатого скота составляет 7–8% от живой массы, свиней – около 4,5%; птицы от 7,6 до 10,0% [4].

О биологически активных веществах крови

Биологически активные вещества крови – это несколько групп разнородных химических соединений, способных в значительной степени изменять течение биохимических реакций, что способствует нормальному функционированию организма человека.

По механизму влияния все химические соединения, циркулирующие в кровяном русле, можно разделить на несколько групп: пептиды, гормоны, ферменты, витамины, нуклеиновые кислоты.

Различные отрасли пищевой промышленности, в частности, мясная, считается перспективным рынком сбыта, так как продукты переработки крови примерно в пять раз дешевле своих молочных аналогов. Кроме того, продукты переработки крови практически не содержат жира, а эритроциты богаты железом. Так как кровь является ценным источником

железа, минеральных веществ, витаминов и полноценного белка близкого по своей природе к человеческому, её используют при производстве различной продукции: колбасных изделий, гематогена, фибриновых плёнок, кровезаместителей, лечебных продуктов питания [4].

Рассмотрим отдельные биологически активные вещества крови убойных животных, с дальнейшей целью их использования при производстве мясных продуктов.

Ангиогенин

Особый интерес представляет функциональная рибонуклеаза – ангиогенин (от греч. «angion» – сосуд).

Ангиогенин – полифункциональный белок, играющий существенную роль в механизмах поддержания гомеостаза организма животного. И несмотря на то, что он принимает участие в ангиогенезе опухолей, данное свойство не является специфичным. Он синтезируется нормальными клетками организма, присутствует в крови и молоке. Тот факт, что рибонуклеаза активно синтезируется в стрессовых ситуациях клетками печени, также как другие белки острой фазы, позволяет ее рассматривать в качестве защитного фактора организма.

С точки зрения строения, ангиогенин – одноцепочечный низкомолекулярный полипептид, молекулярная масса которого может варьировать от 14 до 20 кДа, а изоэлектрическая точка – более 10,5. Ангиогенин и панкреатическая РНКазы А обладают 33% гомологией по аминокислотной последовательности [5, 6].

Обращаясь к истории, необходимо отметить, что открытие данного белка связано с именами американских ученых. В 1985 г. Берт Вэлли и Джуд Фолкман с сотрудниками (США) обнаружили в культуре раковых клеток новый белок, обладающий более сильным ангиогенным действием, чем другие известные природные ангиогенетики. В настоящее время в изучении структуры и в значительной мере функции ангиогенина в организме млекопитающих достигнуты большие успехи, позволяющие рассматривать прикладные аспекты его применения в медицинской и пищевой практике [9, 10].

Одним из современных направлений в лечении болезней, обусловленных недостаточным кровоснабжением в тканях, является терапевтический ангиогенез, в основе которого лежит применение активных индукторов роста кровеносных сосудов в качестве лечебных средств.

В связи с существованием зависимости уровня ангиогенина в крови от физиологических и патологических состояний организма развивается диагностическое направление практического приложения результатов исследования ангиогенина.

В частности, установлено, что ангиогенин является одним из самых сильных ангиогенных факторов прямого действия. Основными мишенями действия ангиогенина являются эндотелиальные клетки, клетки гладкой мускулатуры, фибробласты.

В организме он может быть индуцирован факторами прямого (фактор роста эндотелия сосудов, плацентарный фактор роста, фактор роста гепатоцитов, щелочной и кислый фактор роста фибробластов, ангиогенин и др.) и непрямого действия (трансформирующий фактор роста- β , фактор роста некроза опухолей- α , интерлейкин- δ и др.).

В настоящее время, идентифицированы и достаточно полно изучены ангиогенин-связывающий белок с молекулярной массой 170 кДа и α -актин. В Хеля-клетках найден и охарактеризован новый ангиогенин-связывающий белок – фоллистатин, участвующий в индуцировании ангиогенином ангиогенеза, поэтому в тканях животных также необходима его транслокация в ядро клетки-мишени. Проникая в ядро, ангиогенин аккумулируется в ядрышке, связывается с ДНК, активируя транскрипцию рРНК. Ингибирование ядерной транслокации, индуцированной ангиогенином, или мутагенез ответственных за локализацию аминокислотных последовательностей в молекуле ангиогенина, снимает его ангиогенную активность [8].

Рентгеноструктурный анализ и ядерно-магнитный резонанс кристаллического ангиогенина крови крупного рогатого скота (КРС) и человека позволили определить сходства и различия. Исследование кристаллической структуры ангиогенина КРС при разрешении 1,5 Å, позволило установить, что, как и в молекуле ангиогенина человека, сайт рибонуклеазной активности состоит из нескольких частей. Каталитический центр (P1), на котором расщепляются фосфодиэфирные связи, включает три аминокислотных остатка Гис-14, Лиз-41 и Гис-115, положение которых совпадает с таковым соответствующих аминокислотных остатков в АНГ человека (Гис-13, Лиз-40, Гис-114). Сайт В1, связывающий пиримидин-3 – нуклеозиды, содержащий остатки Глн-13, Тре-45 и Сер-119, также экранируется Глу-118 (Глу-117 соответственно для ангиогенина человека). Сайт В2, преимущественно связывающий пуриновое кольцо 5-нуклеозиды, представлен Глу-109 (Глу-108 для АНГ человека). Не исключено, что с именно этим связаны определенные функциональные особенности сравниваемых белков [10–20].

Перечислим основные свойства ангиогенина:

1. *Отличительная рибонуклеазная активность.* Ангиогенин обладает рибонуклеазной активностью, отличной от действия панкреатической РНКазы А, что выражается, прежде всего, в их субстратной специфичности. При изучении влияния ангиогенина на препарат РНК из опухолевых эпителиальных клеток аденокарциномы толстой кишки человека НТ-29, состоящий, в основном, из 28S и 18S рРНК (-5000 и -2000 нуклеотидов соответственно), с помощью электрофореза в агарозном геле обнаружено, что ангиогенин расщепляет рРНК на продукты, состоящие из 100–500 нуклеотидов, которые образуются уже через 60 мин, и более глубокий гидролиз при увеличении времени инкубации (до 4 ч) не происходит.

2. *Проявление антимикробных свойств.* Ангиогенин обладает бактериостатическим действием относительно кишечной палочки (*E. coli*, штамм И-125). Эффект проявляется в физиологических концентрациях, в частности, при концентрации 12,5 мгк/см³. При концентрации ангиогенина 50 мгк/см³ через 24 часа культивирования рост бактерий снижается более чем на 2 порядка, а при 100 мгк/см³ практически полностью подавляется. Плацентарный ингибитор рибонуклеазы в концентрациях, ингибирующих ферментативную активность ангиогенина, снимает бактериостатический эффект, что указывает на роль рибонуклеазной активности в механизме антимикробного действия ангиогенина.

3. *Ингибирование дегрануляции полиморфоядерных лейкоцитов.* Полиморфоядерные лейкоциты играют важную роль в поддержании гомеостаза организма, являясь одним из значимых составляющих системы неспецифического иммунитета. Это фагоцитирующие, уничтожающие микроорганизмы клетки, гранулы которых содержат биологически активные белки, такие как миелопироксидаза, лизоцим, кислые гидролазы, белок, связывающий витамин В₁₂. Дегрануляция полиморфоядерных лейкоцитов может быть причиной целого ряда нарушений в организме человека.

4. *Влияние на цитокиновое звено иммунитета.* В литературе достаточно сведений, позволяющих отнести ангиогенин к факторам, участвующим в механизме регуляции иммунитета в организме животного. Одним из проявлений иммунной функции следует считать влияние ангиогенина на цитокиновое звено иммунитета, что может свидетельствовать об участии этого

белка в механизме воспаления. Выделенный из крови КРС ангиогенин индуцирует синтез провоспалительных цитокинов: интерлейкинов и фактора некроза опухолей. Эффект зависит от концентрации индуктора и времени его контакта с культивируемыми клетками, проявляясь в постконтактный период в условиях замены культуральной среды на свежую, не содержащую ангиогенин.

Об участии ангиогенина в воспалительных процессах *in vivo* свидетельствует повышение его уровня в крови при острых и хронических артритах.

5. *Влияние на кристаллическую структуру сыворотки крови человека.* Введение в сыворотку *in vitro* ангиогенина КРС до конечной концентрации 8 мкг/мл приводит к значительному снижению количества патологических конформационных нарушений в белковом спектре биосреды.

6. *Терапевтические проявления.* Полифункциональность ангиогенина позволяет рассматривать его в качестве активной основы препаратов широкого спектра терапевтического назначения. Прежде всего, это касается болезней, связанных с нарушением кровообращения в тканях: ишемическая болезнь сердца, инсульты, патология костной и хрящевой ткани, кожные болезни различного генеза и др. С лечебной целью активация ангиогенеза ангиогенином в тканях животного организма может осуществляться либо путем стимуляции его синтеза, либо путем введения экзогенного препарата в место локализации повреждения. Лекарственные формы ангиогенина могут быть представлены в виде растворов, мазей, импрегнированных белком медленно растворяющихся гранул или пленок из биологически нейтральных полимеров, способных медленно его высвобождать.

Представленная информация позволяет сформулировать основные перспективные направления использования ангиогенина в медицине и пищевой промышленности:

1. *Индуктор ангиогенеза при патологиях, связанных с недостатком кровоснабжения в тканях.* В основе лежит направленная на индукцию развития дополнительной сети сосудов стимуляция ангиогенеза в местах повреждения или введения в них экзогенных факторов ангиогенеза. Прямое положительное влияние ангиогенина установлено в отношении хрящевой и костной ткани животных. За счет индуцирования неоваскуляризации отмечена стимуляция

в поврежденных тканях репаративных процессов. Ангиогенин является также ингибитором остеокластной костной резорбции, что также способствует восстановлению ткани.

2. *Проявление регенерирующего эффекта при кожных болезнях, включая ожоги, обморожения, трофические язвы.* Отмечается стимуляция регенеративных процессов, активация эпителизации, стимуляция местного иммунитета и как результат – ускорение заживления. Положительное влияние ангиогенина получено при лечении гнойных ран и язвенно-эрозийных образований в желудочно-кишечном тракте.

3. *Лечение ишемических поражений миокарда и мышц нижних конечностей.* Метод терапевтического ангиогенеза с применением ангиогенных факторов для лечения, например, критической ишемии конечностей, считается безопасным и доступным. В последнее время приоритетным направлением в терапии с использованием ангиогенина является внедрение метода генотерапии, суть которого – применение генно-инженерных конструкций с вставкой гена белка с терапевтическим действием. Сконструированы рекомбинантные плазмиды, несущие ген ангиогенина, которые работают в эукариотических организмах, активируя локально ангиогенез.

В настоящее время, разработанные специалистами фармацевтической индустрии препараты на основе ангиогенина, пользуются популярностью.

На кафедре «Технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО «МГУПП» разработан полифункциональный модуль, обогащенный ангиогенином.

Используя биомодифицированный ферментолитат рубца крупного рогатого скота в качестве матричной основы для стабилизации структуры и сохранности биологически активных веществ, составили комплекс, обогатив его ангиогенином крови КРС и копильным препаратом. Разработанный модуль вводили в мясные изделия на основе фаршевых систем, получив готовые продукты с высоким выходом и сбалансированным химическим составом. С целью определения функциональной направленности разработанных продуктов, проводятся исследования *in vivo* на белых мышах SNK (рисунок 1). Несмотря на то, что опыты еще продолжаются, уже сейчас можно утверждать, что после двухнедельных испытаний, наблюдается ускоренный рост животных и высокая скорость прироста длины хвоста.

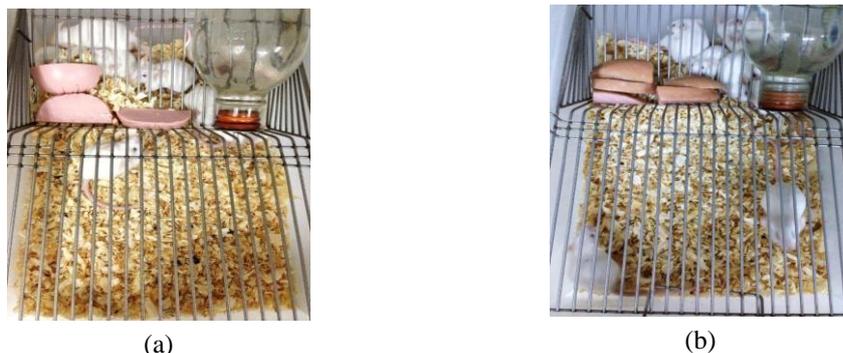


Рисунок 1. Процесс кормления белых мышей колбасными изделиями: (а) контроль (б) опыт
Figure 1. The process of feeding white mice with sausage products (a) control (b) experiment

Фоллистатин

Фоллистатин, также известный как активин-связывающий белок, является аутокринным гликопротеином, который экспрессируется почти во всех тканях высших организмов животных. Основной функцией фоллистатина является связывание и бионейтрализация членов суперсемейства TGF-бета, с особым акцентом на активин, паракринный гормон.

Впервые фоллистатин был синтезирован из жидкости зрелого фолликула, что легло в основу названия данного гликопротеина.

При первоначальной изоляции из фолликулярной жидкости было обнаружено, что вещество ингибирует секрецию фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) в передней доли гипофиза. Фоллистатин подавляет белок-мессенджер в организме, одним из которых является миостатин; подавляя миостатиновое ингибирование синтеза белка, фоллистатин способен увеличивать мышечную массу.

Эксперименты на белых мышах показали, что внутримышечные инъекции фоллистатина приводят к наращиванию мышечных объёмов и повышению силовых показателей у здоровых грызунов, а также животных с более низким весом и особей в возрасте.

Значительным минусом при применении фоллистатина, как вещества, блокирующего белок миостатин, является широкая направленность его воздействия, так как фоллистатин также угнетает действие белков-активинов, нормализующих развитие практически каждого типа клеток, в том числе и клеток половых органов, гипофиза и мышечной ткани.

Исследования на приматах, выявили, что регуляция показателей фоллистатина в геноме приносит успехи в возрастании силовых данных и мышечных объёмов.

Подобные выводы сподвигли учёных на мысль о том, что фоллистатин может вызвать

увеличение мышечного слоя сердца. Однако последующие исследования опровергли подобные выводы.

Передозировка фоллистатина, особенно через инъекции, имитирует дефицит миостатина, который иначе называется «гипертрофия мышц» и наблюдается, чаще всего, у бельгийских голубых коров.

Представленная информация подтверждает тот факт, что фоллистатин – биологически активное вещество, которое может стать основой для формирования комплексных модулей и последующего их использования в технологии мясных продуктов для спортивного питания.

Гепарин

Синтезируясь в тучных клетках в виде скоплений, гепарин локализуется в печени, лёгких, стенках сосудов и других органах животных. Базофилы крови продуцируют и содержат данное биологически активное вещество, чем и обусловлена их функция в организме.

Гепарин – кислый серосодержащий гликозаминогликан, эффективное средство, направленное на разжижение крови. Действие препарата заключается в блокировке биосинтеза тромбина и уменьшении склеивания тромбоцитов. Кроме того, данное вещество способствует улучшению кровообращения, положительно действует на липемическую плазму, выводит хиломикроны из крови, снижает уровень холестерина. Считаем, что подобное вещество возможно использовать в мясной отрасли аналогично фоллистатину.

Заключение

Представленная информация демонстрирует тот факт, что в сложившихся условиях развития мясной отрасли и тенденциях функционального питания, рассмотренные биологически активные вещества весьма перспективно и актуально использовать при производстве мясных продуктов, ориентированных для людей детерминированных групп населения.

Литература

- 1 Горелик О.В., Харлап В.С., Голомага В.С. Современные методы переработки и утилизации крови // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2019. Т. 10. № 1. С. 135–138.
- 2 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 76. № 2. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-11-17
- 3 Литвинова, Е.В., Краснова Е.В., Невзорова М.В. О крови убойных животных как источнике биологически активных веществ // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции, Казань, 28–29 февраля 2020 года. Казань: ООО "Конверт", 2020. С. 120–121.
- 4 Sheng J., Xu Z. Three decades of research on angiogenin: a review and perspective // Acta Biochim Biophys Sin. 2016. V. 48. №. 5. P. 399-410. doi: 10.1093/abbs/gmv131
- 5 Luo R., Lu Y., Liu J., Cheng J. et al. Enhancement of the efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of ischemic diseases // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. V. 109. P. 2022-2034. doi: 10.1016/j.biopha.2018.11.068
- 6 Yang J., Shi P., Tu M., Wang Y. et al. Bone morphogenetic proteins: Relationship between molecular structure and their osteogenic activity // Food Science and Human Wellness. 2014. V. 3. №. 3-4. P. 127-135. doi: 10.1016/j.fshw.2014.12.002
- 7 Uzunalli G., Guler M.O. Peptide gels for controlled release of proteins // Therapeutic delivery. 2020. V. 11. №. 3. P. 193-211. doi: 10.4155/tde-2020-0011
- 8 Bradshaw W.J., Rehman S., Pham T.T., Thiyagarajan N. et al. Structural insights into human angiogenin variants implicated in Parkinson's disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis // Scientific reports. 2017. V. 7. №. 1. P. 1-10. doi: 10.1038/srep41996
- 9 Lyons S.M., Fay M.M., Akiyama Y., Anderson P.J. et al. RNA biology of angiogenin: Current state and perspectives // RNA biology. 2017. V. 14. №. 2. P. 171-178. doi: 10.1080/15476286.2016.1272746
- 10 Li S., Hu G. F. Emerging role of angiogenin in stress response and cell survival under adverse conditions // Journal of cellular physiology. 2012. V. 227. №. 7. P. 2822-2826. doi: 10.1002/jcp.23051
- 11 Trouillon R., Kang D.K., Chang S.I., O'Hare D. Angiogenin induces nitric oxide release independently from its RNase activity // Chemical Communications. 2011. V. 47. №. 12. P. 3421-3423. doi: 10.1039/C0CC04527F
- 12 Wang T., Sun S., Wan Z., Weil M.H. et al. Effects of bone marrow mesenchymal stem cells in a rat model of myocardial infarction // Resuscitation. 2012. V. 83. №. 11. P. 1391-1396. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.02.033
- 13 Zhang Y., Xia X., Yan J., Yan L. et al. Mesenchymal stem cell-derived angiogenin promotes primordial follicle survival and angiogenesis in transplanted human ovarian tissue // Reproductive Biology and Endocrinology. 2017. V. 15. №. 1. P. 1-12. doi: 10.1186/s12958-017-0235-8
- 14 Thiyagarajan N., Ferguson R., Subramanian V., Acharya K.R. Structural and molecular insights into the mechanism of action of human angiogenin-ALS variants in neurons // Nature communications. 2012. V. 3. №. 1. P. 1-14. doi: 10.1038/ncomms2126
- 15 Bah C.S.F., Bekhit A.E.D.A., Carne A., McConnell M.A. Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2013. V. 12. №. 3. P. 314-331. doi: 10.1111/1541-4337.12013
- 16 Helkar P.B., Sahoo A.K., Patil N.J. Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients // International Journal of Waste Resources. 2016. V. 6. №. 3. P. 1-6. doi: 10.4172/2252-5211.1000248
- 17 Pizzo E., Sarcinelli C., Sheng J., Fusco S. et al. Ribonuclease/angiogenin inhibitor 1 regulates stress-induced subcellular localization of angiogenin to control growth and survival // Journal of cell science. 2013. V. 126. №. 18. P. 4308-4319. doi: 10.1242/jcs.134551
- 18 Thomas S.P., Hoang T.T., Ressler V.T., Raines R.T. Human angiogenin is a potent cytotoxin in the absence of ribonuclease inhibitor // Rna. 2018. V. 24. №. 8. P. 1018-1027. doi: 10.1261/rna.065516.117
- 19 Furia A., Moscato M., Cali G., Pizzo E. et al. The ribonuclease/angiogenin inhibitor is also present in mitochondria and nuclei // FEBS letters. 2011. V. 585. №. 4. P. 613-617. doi: 10.1016/j.febslet.2011.01.034
- 20 Лапшина В.Л., Герасимчук А.А., Краснова Е.В., Невзорова М.В. и др. Кровь убойных животных как источник биологически активных веществ // Мясные технологии. 2019. №. 7. С. 46-49. doi: 10.33465/2308-2941-2019-7-46-49

References

- 1 Gorelik O.V., Kharlap V.S., Golomaga V.S. Modern methods of processing and disposal of blood. Actual problems of modern science, technology and education. 2019. vol. 10. no. 1. pp. 135–138. (in Russian).
- 2 Antipov S.T., Ovsyannikov V. Yu., Korchinsky A.A. Blood test of cattle. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 76. no. 2. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-11-17 (in Russian).
- 3 Litvinova E.V., Krasnova E.V., Nevzorova M.V. Blood of slaughter animals a source of biologically active substances. Priority areas of innovative activity in industry: a collection of scientific articles following the results of the second international scientific conference, Kazan, February 28–29, 2020. Kazan, LLC "Envelope", 2020. pp. 120–121. (in Russian).
- 4 Sheng J., Xu Z. Three decades of research on angiogenin: a review and perspective. Acta Biochim Biophys Sin. 2016. vol. 48. no. 5. pp. 399-410. doi: 10.1093/abbs/gmv131
- 5 Luo R., Lu Y., Liu J., Cheng J. et al. Enhancement of the efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of ischemic diseases. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2019. vol. 109. pp. 2022-2034. doi: 10.1016/j.biopha.2018.11.068
- 6 Yang J., Shi P., Tu M., Wang Y. et al. Bone morphogenetic proteins: Relationship between molecular structure and their osteogenic activity. Food Science and Human Wellness. 2014. vol. 3. no. 3-4. pp. 127-135. doi: 10.1016/j.fshw.2014.12.002
- 7 Uzunalli G., Guler M.O. Peptide gels for controlled release of proteins. Therapeutic delivery. 2020. vol. 11. no. 3. pp. 193-211. doi: 10.4155/tde-2020-0011
- 8 Bradshaw W.J., Rehman S., Pham T.T., Thiyagarajan N. et al. Structural insights into human angiogenin variants implicated in Parkinson's disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis. Scientific reports. 2017. vol. 7. no. 1. pp. 1-10. doi: 10.1038/srep41996

- 9 Lyons S.M., Fay M.M., Akiyama Y., Anderson P.J. et al. RNA biology of angiogenin: Current state and perspectives. *RNA biology*. 2017. vol. 14. no. 2. pp. 171-178. doi: 10.1080/15476286.2016.1272746
- 10 Li S., Hu G. F. Emerging role of angiogenin in stress response and cell survival under adverse conditions. *Journal of cellular physiology*. 2012. vol. 227. no. 7. pp. 2822-2826. doi: 10.1002/jcp.23051
- 11 Trouillon R., Kang D.K., Chang S.I., O'Hare D. Angiogenin induces nitric oxide release independently from its RNase activity. *Chemical Communications*. 2011. vol. 47. no. 12. pp. 3421-3423. doi: 10.1039/C0CC04527F
- 12 Wang T., Sun S., Wan Z., Weil M.H. et al. Effects of bone marrow mesenchymal stem cells in a rat model of myocardial infarction. *Resuscitation*. 2012. vol. 83. no. 11. pp. 1391-1396. doi: 10.1016/j.resuscitation.2012.02.033
- 13 Zhang Y., Xia X., Yan J., Yan L. et al. Mesenchymal stem cell-derived angiogenin promotes primordial follicle survival and angiogenesis in transplanted human ovarian tissue. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2017. vol. 15. no. 1. pp. 1-12. doi: 10.1186/s12958-017-0235-8
- 14 Thiyagarajan N., Ferguson R., Subramanian V., Acharya K.R. Structural and molecular insights into the mechanism of action of human angiogenin-ALS variants in neurons. *Nature communications*. 2012. vol. 3. no. 1. pp. 1-14. doi: 10.1038/ncomms2126
- 15 Bah C.S.F., Bekhit A.E.D.A., Carne A., McConnell M.A. Slaughterhouse blood: an emerging source of bioactive compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. vol. 12. no. 3. pp. 314-331. doi: 10.1111/1541-4337.12013
- 16 Helkar P.B., Sahoo A.K., Patil N.J. Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients. *International Journal of Waste Resources*. 2016. vol. 6. no. 3. pp. 1-6. doi: 10.4172/2252-5211.1000248
- 17 Pizzo E., Sarcinelli C., Sheng J., Fusco S. et al. Ribonuclease/angiogenin inhibitor 1 regulates stress-induced subcellular localization of angiogenin to control growth and survival. *Journal of cell science*. 2013. vol. 126. no. 18. pp. 4308-4319. doi: 10.1242/jcs.134551
- 18 Thomas S.P., Hoang T.T., Ressler V.T., Raines R.T. Human angiogenin is a potent cytotoxin in the absence of ribonuclease inhibitor. *Rna*. 2018. vol. 24. no. 8. pp. 1018-1027. doi: 10.1261/rna.065516.117
- 19 Furia A., Moscato M., Cali G., Pizzo E. et al. The ribonuclease/angiogenin inhibitor is also present in mitochondria and nuclei. *FEBS letters*. 2011. vol. 585. no. 4. pp. 613-617. doi: 10.1016/j.febslet.2011.01.034
- 20 Lapshina V.L., Gerasimchuk A.A., Krasnova E.V., Nevzorova M.V. et al. Blood of slaughter animals as a source of biologically active substances. *Meat technologies*. 2019. no. 7. pp. 46-49. doi: 10.33465/2308-2941-2019-7-46-49 (in Russian).

Сведения об авторах

Елена В. Литвинова к.т.н., доцент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, litvinovaev@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0005-5109-7300>

Сергей Н. Кидяев к.т.н., доцент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, ser-kidyaev@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4089-2475>

Виктория Л. Лапшина ассистент, кафедра технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов, Московский государственный университет пищевых производств, ул. Талалихина, 33, г. Москва, 109396, Россия, vic.toria.lapshina@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6749-7806>

Ирина О. Артемьева к.т.н., доцент, кафедра зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства, Российский государственный аграрный заочный университет, ш. Энтузиастов, 50, г. Балашиха, Московская область, 143907, Россия, piard@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3559-2435>

Вклад авторов

Елена В. Литвинова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, оформила рукопись

Сергей Н. Кидяев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Виктория Л. Лапшина обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Ирина О. Артемьева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elena V. Litvinova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, litvinovaev@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0005-5109-7300>

Sergey N. Kidyayev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, ser-kidyaev@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4089-2475>

Victoria L. Lapshina assistant, technology and biotechnology of meat and meat products department, Moscow State University of Food Production, Talalikhina St., 33 Moscow, 109396, Russia, vic.toria.lapshina@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6749-7806>

Irina O. Artemeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal science, production and processing of livestock products department, Russian State Agrarian Correspondence University, Enthusiasts H., 50, Balashikha, 143907, Russia, piard@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3559-2435>

Contribution

Elena V. Litvinova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, designed a manuscript

Sergey N. Kidyayev review of the literature on an investigated problem, performed computations

Victoria L. Lapshina review of the literature on an investigated problem

Irina O. Artemeva review of the literature on an investigated problem

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/04/2021

После редакции 19/05/2021

Принята в печать 02/06/2021

Received 12/04/2021

Accepted in revised 19/05/2021

Accepted 02/06/2021