

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ И СООБЩЕНИЯ

SCIENTIFIC REVIEWS AND REPORTS

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-3-1142

EDN: UOPHUM

УДК 577.112.083:591.1.05:636.1



Научные обзоры

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОФОРЕЗА БЕЛКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ
МЕТАБОЛИЗМА ЛОШАДЕЙ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

М.М. Атрощенко, Ю.А. Марсянова

Аннотация

Обоснование. Электрофорез является распространённым и эффективным методом оценки белкового профиля человека и животных. Метод разделения белков с помощью электрофореза хорошо зарекомендовал себя с момента открытия и в течение нескольких десятилетий развивался и совершенствовался. На современном этапе эта процедура не теряет актуальности и находит новые области применения.

Цель исследования. Изучить и проанализировать накопленный опыт в области применения методов детекции белков с помощью электрофореза, в частности для оценки метаболизма лошадей.

Материалы и методы. Литературный поиск производился по ключевым словам с использованием открытых баз данных: PubMed, eLibrary, Scopus, а также поисковой системы Академия Google. Были отобраны и проанализированы наиболее значимые работы по теме обзора.

Результаты. Молекулярная масса, размер и форма молекулы, а также её суммарный заряд – являются основными факторами, благодаря которым возможно разделение сложных смесей на отдельные фракции за счёт различия в скорости их движения. На успех разделения белковых смесей влияет не только природа протеинов, но и поддерживающая среда, которая должна соответствовать важным характеристикам: поддерживать оптимальный pH и пропускать молекулы

с определённой скоростью. Методы детекции белков также разнообразны, как и методы разделения: неселективное окрашивание с помощью кумасси бриллиантового синего, амидо-черного 10Б, серебра, флуоресцентных красителей, и селективное с помощью иммунопреципитации или энзимозлектрофореза.

Оценка метаболизма лошадей с помощью электрофореза распространяется практически на все области исследования: установление сезонных и возрастных изменений; анализ особенностей пород, субпопуляций и гибридов; оценка маркеров воспаления, некоторых патологий, таких, как язва, увеит, паразитарные и вирусные инфекции, миопатии, а также маркеров тренированности животных. В репродукции животных электрофорез может использоваться при оценке качества эякулята, для определения способности спермы к замораживанию, выявлении жизнеспособности сперматозоидов в том числе после криоконсервации, а также для выявления изменений во время жеребости кобыл.

Заключение. Метод электрофореза находит широкое применение в практике оценки метаболизма человека и животных, в том числе лошадей. Имеет высокую степень значимости для анализа популяционных, возрастно-половых и сезонных различий лошадей, а также находит своё применение в оценке работоспособности животных и репродуктивных технологиях.

Ключевые слова: нативный электрофорез; денатурирующий электрофорез; изоэлектрическое фокусирование; иммуноэлектрофорез; блоттинг; изоферменты; лошади; метаболизм

Для цитирования. Атрощенко, М. М., & Марсянова, Ю. А. (2025). Возможности использования электрофореза белков для оценки метаболизма лошадей (обзор литературы). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 500-528. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1142>

Scientific Reviews

POSSIBILITIES OF USING PROTEIN ELECTROPHORESIS TO ASSESS METABOLISM IN HORSES (LITERATURE REVIEW)

M.M. Atroshchenko, Yu.A. Marsyanova

Abstract

Background. Electrophoresis is a common and effective method for assessing the protein profile of humans and animals. The method of protein separation by electrophoresis has been well established since its discovery and has been devel-

oped and improved over several decades. At the present stage this procedure does not lose its relevance and finds new areas of application.

Purpose. To study and analyze the accumulated experience in the application of protein detection methods by electrophoresis, in particular for the assessment of equine metabolism.

Materials and methods. Literature search was performed by keywords using open databases: PubMed, eLibrary, Scopus, and Google Academic search engine. The most significant works on the topic of the review were selected and analyzed.

Results. The molecular weight, size and shape of the molecule as well as its total charge are the main factors that make it possible to separate complex mixtures into separate fractions due to differences in their velocity. Successful separation of protein mixtures is influenced not only by the nature of the proteins, but also by the supporting medium, which must fulfill important characteristics: maintain optimal pH and allow molecules to pass through at a certain speed. Protein detection methods are as varied as the separation methods: non-selective staining with Coomassie brilliant blue, amido black 10B, silver, fluorescent dyes, and selective by immuno-precipitation or enzyme electrophoresis.

The evaluation of equine metabolism by electrophoresis extends to virtually all areas of study: establishing seasonal and age-related changes; analyzing breed, subpopulation and hybrid traits; evaluating markers of inflammation, certain pathologies such as ulceration, uveitis, parasitic and viral infections, myopathies, and markers of animal fitness. In animal reproduction, electrophoresis can be used to assess the quality of ejaculate, to determine the ability of semen to freeze, to detect the viability of spermatozoa, including after cryopreservation, and to detect changes during mare foaling.

Conclusion. The electrophoresis method is widely used in the assessment of human and animal metabolism, including horses. It has a high degree of significance for the analysis of population, age-sex and seasonal differences in horses, and also finds its application in the assessment of animal performance and reproductive technologies.

Keywords: native electrophoresis; denaturing electrophoresis; isoelectric focusing; immunoelectrophoresis; blotting; isoenzymes; horses; metabolism

For citation. Atroshchenko, M. M., & Marsyanova, Yu. A. (2025). Possibilities of using protein electrophoresis to assess metabolism in horses (literature review). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(3), 500-528. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-3-1142>

Уровень общего белка и определение активности ферментов являются наиболее распространёнными показателями в анализе биологических жид-

костей человека и животных [64]. Однако методы выделения индивидуальных белков, например, при исследовании белков острой фазы сыворотки крови [77] или определение активности отдельных изоферментов, как в случае с разделением внутриклеточных изоформ лактатдегидрогеназы [7], хотя и не относятся к рутинным, но являются весьма информативными и позволяют провести наиболее полный клинический лабораторный анализ.

Данный обзор посвящён методологическим вопросам применения на практике одного из распространённых способов выделения и детекции индивидуальных белков – электрофореза, а также оценке перспектив использования этого метода для исследования биологического материала лошадей.

Электрофорез и изoeлектрическое фокусирование

Метод электрофореза основан на способности белков двигаться в электрическом поле с разной скоростью, которая зависит от суммарного заряда белковой молекулы и её молекулярной массы [14]. Эти свойства протеинов задают требования всему методу: необходимость использования правильно подобранной поддерживающей среды и буферов с определённой рН в зависимости от объекта изучения, что позволяет фракционировать сложные смеси протеинов по определенным осям белково-химического пространства: молекулярной массе и заряду белка [61]. Поэтому в попытке обобщить сведения о процедуре электрофореза прежде всего стоит рассмотреть отдельно эти две составляющие, чтобы более полно понять, какая комбинация характеристик окажется наиболее полезной на практике.

В разные исторические периоды в качестве поддерживающей среды использовали проводящую жидкость, гели на основе крахмала, агарозы или целлюлозы, но наиболее широкое применение нашли полиакриламидные гели (ПААГ, PAGE, от англ. polyacrylamide gel electrophoresis), образующиеся при полимеризации растворов акриламида и бисакриламида, что позволяет получить носитель с заданной пористостью для выделения целевых белков [76]. Скорость движения белков в этом случае обратно пропорциональна массе молекулы, то есть, белки с высокой молекулярной массой останавливаются ближе к точке старта, где впоследствии детектируется так называемый бенд (от англ. band). Для более эффективного разделения белков последовательно применяют гели с разной плотностью: менее плотный для концентрирования образцов и более плотный – для разделения. Такую разновидность процедуры называют диск-электрофорез (от англ. discontinuous) [17]. Помимо плотности геля, то есть его пористости, поддерживающие среды при диск-электро-

форезе различаются значениями pH. Это также способствует лучшему разделению белковых смесей.

Общий заряд белка может оказать весомый вклад в скорость движения молекул, что используется при изоэлектрическом фокусировании. В этом случае гели имеют плавный градиент pH в тех областях значений, в которых лежит изоэлектрическая точка целевых белков. Протеины, движимые электрическим полем, останавливаются на определённом расстоянии от точки старта в той области геля, где значение pH среды равно их изоэлектрической точке, а суммарный заряд, соответственно, становится нулевым. В некоторых случаях полученные при изоэлектрическом фокусировании фракции белков повторно подвергают электрофорезу, где скорость движения зависит уже от молекулярной массы белка. Это позволяет получить более детальную протеинограмму. Такой подход получил название двумерный или 2D-электрофорез [14].

Основной проблемой разделения белков по массе является их способность образовывать молекулы различной пространственной конформации, что может повлиять на скорость их движения в плотной поддерживающей среде. Кроме того, в биологическом материале присутствуют белки разного состава, в том числе сложные белки, имеющие громоздкие небелковые компоненты, белки, ассоциированные с липидами, а также белок-белковые комплексы [52]. Непосредственно сам электрофорез [16] и некоторые комбинации методов позволяют решить проблему детектирования таких сложных молекул. Так, 2D-электрофорез применяют для установления некоторых особенностей внутримолекулярной структуры белков. Используя последовательно невосстановительные (при первом разделении) и восстановительные (при втором разделении) условия можно добиться определённой схемы расположения белков на пластине геля в зависимости от наличия внутри- и межмолекулярных дисульфидных сшивок. Такой метод за характерную диагональную линию, образованную белками, движущимися с одинаковой скоростью независимо от условий, назвали диагональный электрофорез [58].

С целью устранения влияния пространственной конформации белков на их разделение электрофорез проводят в так называемых денатурирующих условиях. Пробоподготовка при этом включает кипячение раствора протеина с додецилсульфатом натрия и меркаптоэтанолом, которые позволяют формировать на поверхности белка стабильный отрицательный заряд и препятствуют выпетливанию денатурированных цепей соответственно [25]. Наиболее популярной процедурой денатурирующего элек-

трофореза является модификация Леммли, описанная им ещё в 1970 году, но не теряющая актуальности [50]. Несмотря на то, что этот метод является наиболее популярным, он имеет существенный недостаток – невозможность исследовать свойства белка и установления его функции в нативной конформации. Поэтому наряду с денатурирующим электрофорезом также применяют нативный электрофорез или электрофорез в неденатурирующих условиях [17].

Для наблюдения за ходом движения фронта фореза применяют цветные низкомолекулярные заряженные вещества, так называемые отслеживающие красители, которые в силу своей природы движутся с более высокой скоростью, чем белки, и на электрофореграмме оказываются дальше от точки старта. Это позволяет наблюдать за ходом разделения в режиме реального времени и определить момент окончания работы по приближению фронта фореза к финишу, оценивать скорость процедуры по движению окрашенного вещества и качество полимеризации геля по плавности образуемой им линии [60]. А для определения молекулярной массы белков, составляющих тот или иной бенд, используют так называемые белковые маркеры – смесь белков известной молекулярной массы в комплексе с красителем, движение которых хорошо видно в процессе электрофореза, а окраска сохраняется и после проявления целевых белков [27].

Методы детекции белков

Поскольку содержание белков в загружаемых пробах невелико, невооружённым взглядом увидеть их распределение в поддерживающей среде невозможно. Для проявления бендов используют различные методы окраски: кумасси бриллиантовый синий, амидо-черный 10Б, серебро [17; 85], флуоресцентные красители [80]. Выбор красителя основан на их чувствительности, а, следовательно, зависит от содержания белков в исследуемом материале [69]. В некоторых случаях, когда концентрация белков слишком мала для обнаружения их стандартными методами, применяют реагенты, усиливающие сигнал от бендов, например, предварительная обработка флуоресцентными соединениями [86].

После окрашивания следует этап денситометрии, который включает сканирование гелей и обработку полученных снимков с помощью специальных программ, распознающих толщину бендов и интенсивность их окраски. Чем ярче проявляется окраска, тем больше бенд проявляет оптическую плотность, что расценивается, как высокое содержание белка, локализованного в этой точке поддерживающей среды [10; 69; 78]. Для

расшифровки электрофореграммы современные исследователи привлекают искусственный интеллект [41].

Красители, применяемые для детекции белков после электрофореза, связываются с белками неселективно, что позволяет получить полное представление о белковых фракциях, присутствующих в пробе. Однако этот способ не позволяет определить конкретные протеины. С этой целью применяют несколько различных методов: энзиматический метод окрашивания проб, иммуноэлектрофорез и блоттинг. Пористая природа геля позволяет низкомолекулярным субстратам проникать в поддерживающую среду и достигать активного центра фермента или связываться с белками по специфическим сайтам. Иммуноэлектрофорез сочетает электрофорез и иммунопреципитацию, что позволяет идентифицировать отдельные белки [29]. Метод энзиматического окрашивания, которое применяют только для нативного электрофореза, заключается в том, что субстраты подбираются таким образом, чтобы обеспечить высокую специфичность реакции и должны включать хромоген, обеспечивающий хороший аналитический эффект. При контакте с активным центром фермента, зафиксированного в поддерживающей среде, субстраты вступают в реакцию и хромоген проявляет свой цвет. Окрашенные пятна будут располагаться, соответственно, в местах локализации определяемого энзима, а интенсивность окрашивания будет пропорциональна его активности [17].

Реакции иммунопреципитации удобнее проводить не на гелевой пластинке, а на нитроцеллюлозной мембране. Для этого после разделения белков электрофорезом проводят процедуру переноса белковых фракций из одной среды в другую с помощью блоттинга [23; 51]. Большую популярность завоевал вестерн-блоттинг, который позволяет использовать сразу несколько антител для выявления целевых белков, что существенно облегчает работу и позволяет расширить границы применения метода [49]. Истерн-блоттинг применяется в основном для анализа посттрансляционных модификаций белков [73].

Практическое применение электрофореза и блоттинга: реальность и перспективы

Электрофорез используют не только для оценки молекулярной массы и количества белковых фракций в биоматериале, в том числе в сперме жеребцов [16; 28], но и для очистки биоматериала от молекул белково-пептидной природы [66] и анализа качества выделения целевых белков, например, гонадотропина сыворотки жеребых кобыл, который широко применяет-

ся в ветеринарии [13; 26; 70]. Кроме того, этот метод позволяет косвенно оценить модификацию белков по изменению скорости движения молекул [4; 22]. В сочетании с блоттингом возможности этого метода расширяются, а области применения охватывают не только диагностику состояния здоровья и научные исследования, но и производство диагностических наборов, обладающих высокой точностью анализа [5].

Кроме того, метод разделения белков с помощью электрофореза благодаря возможности изучать полиморфизм белков хорошо зарекомендовал себя в анализе особенностей генетической структуры пород лошадей [59; 75] и их субпопуляций [2; 3; 12], а также гибридов [33], что представляет большой интерес для селекции животных.

Показано, что протеомный состав плазмы крови лошадей меняется в зависимости от кормовой базы [72], сезона [1; 2] и возраста, что выявляется электрофорезом и может быть использовано для оценки биологического возраста животных и должно учитываться при биохимическом анализе крови [65]. Определение сывороточного амилоида А имеет более высокую прогностическую значимость, чем традиционные маркеры воспаления [18; 71]. Научный интерес представляет определение таких белков и их компонентов, как ферритин [37]. Метод электрофореза позволяет выявить белковые маркеры язвы желудка в крови [79] и слюне [53] лошадей, что имеет практическую значимость не только для диагностики патологии, но и для оценки качества лечения. Идентификация проангиогенных факторов в крови в сочетании с IgM, IgG4 HC, серотрансферрином, альфа-2HS-гликопротеином и фактором комплемента В могут быть использованы для оценки степени развития рецидивирующего увеита лошадей и прогнозирования рецидивов этого заболевания [89]. А тирозинкиназа KIT – клеточный гомолог вирусного онкогена, выявляемый с помощью вестерн-блоттинга, может быть использована для идентификации и выделения дифференцирующихся половых клеток жеребцов [44]. Диагностическую значимость имеет и маркер метаболизма железа гепсидин-25 [56].

С помощью методов выделения белков голландскими и японскими исследователями установлено, что миопатии, в частности острый рабдомиолиз, сопровождаются повышением экспрессии альфа-актина, альфа-цепи тропомиозина и М-цепи креатинкиназы в мышцах лошадей; определение этих протеинов в крови может быть использовано для постановки точного диагноза, прогнозирования возможности животных переносить физическую нагрузку [21], а уровень альфа-1-антитрипсина и изоформ миозина – как маркер эффективности тренировок [20; 62].

Бразильская команда учёных использовала электрофорез в сочетании с ферментативной реакцией, проанализировав содержание гликозаминогликанов синовиальной жидкости. Результаты этого исследования показали, что повреждение хряща происходит даже при бессимптомном остеохондрозе, что характеризует гликозаминогликаны, как маркеры состояния суставов [54]. Научный опыт специалистов из Турции демонстрирует, как исследовательский интерес к белкам сурфактанта синовиальной жидкости лошадей SP-A и SP-D [47] привёл к пониманию их биологической значимости в других тканях, например, в половых путях лошадей обоего пола, предстательной железе, семенниках и пузырьковидных железах у жеребцов [45; 46].

Метод электрофореза используется и для определения прогестерон-зависимых белков, вырабатывающихся на протяжении всей жеребости у кобыл: матерокалина и утероферрина [34], а также для выявления эндометриальных белков [36].

Анализ белкового профиля является ценным источником информации при исследовании эякулята жеребцов, например, при определении способности к замораживанию оценивают белки семенной плазмы, выделяя маркёры криоустойчивости [43], для прогнозирования фертильности по белковому профилю семенной плазмы [22]. Оценка белковых компонентов эякулята может проводиться с целью поиска терапевтических мишеней, как, например, описано в исследовании компонентов серотонинергической системы [42].

Не менее популярным направлением электрофореза, помимо определения протеинограммы, является детекция ДНК [11]. Однако и сами сперматозоиды благодаря наличию на их поверхности высокосиалированных белков обладают зарядом, что делает их пригодными для разделения с помощью электрического поля. На этом основан метод селекции сперматозоидов – электрофорез клеток, при котором отсеиваются нейтрально и положительно заряженные, повреждённые сперматозоиды, и появляется возможность отобрать для искусственного оплодотворения наиболее пригодные отрицательно заряженные клетки, что особенно важно при работе с криоконсервированной спермой [8; 68]. Помимо этого, электрофорез отдельных клеток используется для определения разрывов одно- и двуцепочечной ДНК сперматозоидов [15; 67]. Успех использования репродуктивных клеток после криоконсервации обусловлен не только сохранностью ДНК, но и целостностью митохондрий, что можно отследить с помощью электрофореза с лазерно-индуцированной флуоресценцией по количеству АТФ [88].

Выделение специфических белков используется, в том числе, для серологических исследований в диагностики паразитарных [57] и вирусных болезней [13]. Так, электрофорез и блоттинг применяются для выявления основного липопротеина однолюклярного эхинококка [55; 87], белковых маркеров стрептококка [40] и стафилококка [19], для диагностики лейшманиоза [31], протозойного миеоэнцефалита [38], трипаносомоза [30] и других. Также электрофорез применяют для очистки белковых смесей, с целью выделения антигенов для последующего использования их в качестве вакцин [32].

Особую диагностическую ценность представляет определение активности изоферментов, в том числе специфических которое успешно проводят с помощью электрофореза. Так, некоторые исследователи используют этот метод для определения аллелей белков и ферментов у разных пород лошадей [9], оценке активности изоформ ацилфосфатазы [63], терминального фермента электрон-транспортной цепи цитохромоксидазы [84], холинэстеразы [74], цитохрома P450 [24], протеинкиназы C [83], металлопротеиназ и циклооксигеназы [81; 82] и глутатионпероксидазы [39]. При этом исследования возможны как в биоматериале, полученном от животных, так и полученном с помощью технологий клеточного культивирования.

Однако, как и все методы, электрофорез имеет ограничения. Например, учёным из Онтарио не удалось установить тканевую принадлежность изоформ щелочной фосфатазы в сыворотке крови [35].

Оценка изоферментного спектра различных энзимов служит эффективным критерием отслеживания и прогнозирования адаптационных механизмов при различных патологических состояниях. Так, в условиях гипоксии при сохранении общей активности важнейшего фермента адаптации – лактатдегидрогеназы (ЛДГ) – существенно изменяется его изоферментный спектр, включающий не только цитоплазматическую, но и митохондриальную фракции, а в тканях мужской половой системы, представленный кроме основных пяти фракций ещё шестой – специфической изоформой [6, 7]. Эти колебания могут быть не замечены при рутинном исследовании активности фермента, но имеют глобальные последствия для метаболизма тканей. Отмечаются также возрастные изменения, связанные с распределением изоформ лактатдегидрогеназы мышц у лошадей, так, показано, что процентное содержание ЛДГ1 повышалась с возрастом, что ассоциировано с усилением использования лактата в качестве энергетического субстрата [48].

Заключение

Методы выделения и детекции белков, их изоформ и модификаций широко применяются современными исследователями не только в научных целях, но и в диагностике распространённых заболеваний лошадей, мониторинге состояния их здоровья при тренировках, смене рациона, взрослении и других физиологических изменениях, таких как беременность. Наиболее распространённым способом оценки белкового профиля является электрофорез – методика фракционирования биополимеров, основанная на их уникальных свойствах. Этот метод хорошо зарекомендовал себя с момента открытия и в течение нескольких десятилетий развивался и совершенствовался. Применение его модернизаций в сочетании с различными способами детекции открывает широкие перспективы его использования. В частности, электрофорез – доступный и относительно простой способ мониторинга репродуктивного здоровья лошадей на молекулярном уровне, распространяющийся на исследования как нативного биоматериала, так и материала, подвергшегося криоконсервации.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 20-16-00101-П.

Список литературы

1. Григорьева, Н. Н., & Григорьев, С. Н. (2022). Показатели аминокислотного состава крови якутской породы лошади. В *Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года: Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС(Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения)* (с. 412-418). Якутск: Издательство «Знание-М». EDN: <https://elibrary.ru/lnacaq>
2. Григорьева, Н. Н., & Павлова, А. И. (2008). Некоторые гематологические показатели лошадей якутской породы по экотипам. *Аграрный вестник Урала*, 1(43), 50-52. EDN: <https://elibrary.ru/iyqavz>
3. Додохов, В. В., & Филиппова, Н. П. (2015). Полиморфизм белков сыворотки крови лошадей якутской породы. *Потенциал современной науки*, 4(12), 70-75. EDN: <https://elibrary.ru/txnuwr>

4. Завьялова, О. А., Марсянова, Ю. А., Иштулин, А. Ф., и др. (2021). Влияние металлов переменной валентности на окислительную модификацию аминокислотных остатков альбумина. *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*, 9(3), 369-376. <https://doi.org/10.23888/HMJ202193369-376>. EDN: <https://elibrary.ru/dltlym>
5. Марданлы, С. Г., Авдонина, А. С., & Затевалов, А. М. (2021). Иммуный блоттинг для выявления специфических иммуноглобулинов класса «М» к коронавирусу SARS-CoV-2. *Известия ГГТУ. Медицина, фармация*, 3, 45-53. EDN: <https://elibrary.ru/trmjll>
6. Марсянова, Ю. А., Звягина, В. И., Бельских, Э. С., и др. (2024). Аргинин и сукцинат как факторы, поддерживающие окислительное фосфорилирование митохондрий при гипоксии. *Известия ГГТУ. Медицина, фармация*, 2, 10-18. <https://doi.org/10.51620/2687-1521-2024-2-18-10-18>. EDN: <https://elibrary.ru/qhlioe>
7. Марсянова, Ю. А., Звягина, В. И., & Соловых, Д. А. (2023). Влияние модуляции синтеза оксида азота (II) при хронической нормобарической гипоксии на изоферментный спектр лактатдегидрогеназы эпидидимиса крыс. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, 26(1), 49-54. <https://doi.org/10.29296/25877313-2023-01-09>. EDN: <https://elibrary.ru/ibjovn>
8. Назаренко, Р. В., & Здановский, В. М. (2019). Методы селекции сперматозоидов для процедуры интрацитоплазматической инъекции сперматозоида в программах экстракорпорального оплодотворения (обзор литературы). *Проблемы репродукции*, 25(2), 83-89. <https://doi.org/10.17116/repro20192502183>. EDN: <https://elibrary.ru/rvnrrsh>
9. Ниятшин, Ф. И., Долматова, И. Ю., & Ганиева, И. Н. (2015). Анализ генетической структуры лошадей башкирской породы по полиморфным белкам и ферментам крови. В *Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию Башкирского государственного аграрного университета, в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015»* (Часть II, с. 139-143). Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. EDN: <https://elibrary.ru/ubayil>
10. Парахин, А. С., Габриелян, А. В., Деменин, В. Ю., и др. (2020). Применение комбинации методов очистки и анализа фракций белков на примере электрофоретического анализа амилолитических ферментов. В *Фундаментальные и прикладные исследования в сфере естествознания и технических наук: гипотезы, идеи, результаты: Сборник научных трудов по*

- материалам Международной научно-практической конференции (с. 24-28). Белгород: ООО «Агентство перспективных научных исследований». EDN: <https://elibrary.ru/jcplnk>
11. Тарасенко, С. В., Натальский, А. А., Песков, О. Д., Богомолов, А. Ю., Никифоров, А. А., Авилушкина, Е. О., & Тараканов, П. В. (2021). Возможности ранней диагностики и прогнозирования осложнённых клинических форм хронического панкреатита. *Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова*, 29(2), 267-275. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ34887>. EDN: <https://elibrary.ru/rrlcpk>
 12. Целовальникова, М. И. (2010). Возможность использования полиморфных белков и ферментов сыворотки крови при контроле происхождения лошадей карачаевской породы. *Сельскохозяйственный журнал*, 3(1), 96-97. EDN: <https://elibrary.ru/nwawwb>
 13. Юров, Г. К., Алексеенкова, С. В., Диас Хименес, К. А., и др. (2013). Иммунологические методы диагностики инфекционной анемии лошадей. *Российский ветеринарный журнал*, 1, 28-30. EDN: <https://elibrary.ru/pyedot>
 14. Adams, L. D., & Gallagher, S. R. (2005). Two-dimensional gel electrophoresis. *Curr Protoc Immunol*, chapter 8:8.5.1-8.5.24. <https://doi.org/10.1002/0471142735.im0805s68>
 15. Agarwal, A., Barbăroşie, C., Ambar, R., et al. (2020). The Impact of Single- and Double-Strand DNA Breaks in Human Spermatozoa on Assisted Reproduction. *Int J Mol Sci*, 21(11), 3882. <https://doi.org/10.3390/ijms21113882>. EDN: <https://elibrary.ru/phkedt>
 16. Agrícola, R., Carvalho, H., Barbosa, M., et al. (2008). Blood lymphocyte subpopulations, neutrophil phagocytosis and proteinogram during late pregnancy and postpartum in mares. *Reprod Domest Anim*, 43(2), 212-217. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00879.x>
 17. Arakawa, T., Nakagawa, M., Sakuma, C., et al. (2024). Electrophoresis, a transport technology that transitioned from moving boundary method to zone method. *Eur Biophys J*, 53(1-2), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00249-023-01694-5>. EDN: <https://elibrary.ru/uaebspw>
 18. Belgrave, R. L., Dickey, M. M., Arheart, K. L., et al. (2013). Assessment of serum amyloid A testing of horses and its clinical application in a specialized equine practice. *J Am Vet Med Assoc*, 243(1), 113-119. <https://doi.org/10.2460/javma.243.1.113>
 19. Bergström, K., Aspan, A., Landén, A., et al. (2012). The first nosocomial outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses in Sweden. *Acta Vet Scand*, 54(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-11>. EDN: <https://elibrary.ru/ghtefo>

20. Bouwman, F. G., van Ginneken, M. M., Noben, J. P., et al. (2010). Differential expression of equine muscle biopsy proteins during normal training and intensified training in young standardbred horses using proteomics technology. *Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics*, 5(1), 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2009.11.001>
21. Bouwman, F. G., van Ginneken, M. M., van der Kolk, J. H., et al. (2010). Novel markers for tying-up in horses by proteomics analysis of equine muscle biopsies. *Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics*, 5(2), 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2010.03.009>
22. Brandon, C. I., Heusner, G. L., Caudle, A. B., et al. (1999). Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis of equine seminal plasma proteins and their correlation with fertility. *Theriogenology*, 52(5), 863-873. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00178-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00178-8)
23. Burnette, W. N. (1981). "Western blotting": electrophoretic transfer of proteins from sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gels to unmodified nitrocellulose and radiographic detection with antibody and radioiodinated protein A. *Anal Biochem*, 112(2), 195-203. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(81\)90281-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(81)90281-5)
24. Byard, J., Marshall, D. E., Houghton, E., et al. (1996). Novel approaches to the purification and identification of cytochrome P450 enzymes in the equine. *Biochem Soc Trans*, 24(2), 208S. <https://doi.org/10.1042/bst024208s>
25. Cannon-Carlson, S., & Tang, J. (1997). Modification of the Laemmli sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis procedure to eliminate artifacts on reducing and nonreducing gels. *Anal Biochem*, 246(1), 146-148. <https://doi.org/10.1006/abio.1997.2002>
26. Choudhary, S., Kumaresan, A., Kumar, M., et al. (2017). Effect of recombinant and native buffalo OVGPI on sperm functions and in vitro embryo development: a comparative study. *J Anim Sci Biotechnol*, 8, 69. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0201-5>. EDN: <https://elibrary.ru/irphkt>
27. Chubatsu, L. S., Gerhardt, E. C. M., & Souza, E. M. (2023). A simple preparation of prestained molecular markers for electrophoresis using inexpensive and readily available proteins. *Anal Biochem*, 1(676), 115231. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2023.115231>. EDN: <https://elibrary.ru/glbtcg>
28. Collinder, E., Berge, G. N., Grønvold, B., et al. (2000). Influence of bacitracin on microbial functions in the gastrointestinal tract of horses. *Equine Vet J*, 32(4), 345-350. <https://doi.org/10.2746/042516400777032165>
29. Csako, G. (2019). Immunoelectrophoresis: A Method with Many Faces. *Methods Mol Biol*, 1855, 249-268. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8793-1_21

30. de Menezes, V. T., Queiroz, A. O., Gomes, M. A., et al. (2004). Trypanosoma evansi in inbred and Swiss-Webster mice: distinct aspects of pathogenesis. *Parasitol Res*, 94(3), 193-200. <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1207-4>. EDN: <https://elibrary.ru/qxpima>
31. Dedet, J. P. (2000). Les leishmanioses: actualités [Leishmaniasis: update]. *Presse Med*, 29(18), 1019-1026.
32. Dezhabad, A., Dalimi, A., Hoghooghi Rad, N., et al. (2023). Secretory Excretory and Somatic Immunogenic Antigens Profiles of Adult Fasciola spp. *Arch Razi Inst*, 78(1), 435-443. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359262.2393>
33. Dias, G. M., López, M. L., Ferreira, A. T., et al. (2014). Thiol-disulfide proteins of stallion epididymal spermatozoa. *Anim Reprod Sci*, 145(1-2), 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.12.007>
34. Ellenberger, C., Wilsher, S., Allen, W. R., et al. (2008). Immunolocalisation of the uterine secretory proteins uterocalin, uteroferrin and uteroglobin in the mare's uterus and placenta throughout pregnancy. *Theriogenology*, 70(5), 746-757. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.050>
35. Ellison, R. S., & Jacobs, R. M. (1990). An attempt to determine the tissue origin of equine serum alkaline phosphatase by isoelectric focusing. *Can J Vet Res*, 54(1), 119-125.
36. Franco, M. M., Santos, J. B., Mendonça, A. S., et al. (2016). Quick method for identifying horse (Equus caballus) and donkey (Equus asinus) hybrids. *Genet Mol Res*, 15(3), gmr.15038895. <https://doi.org/10.4238/gmr.15038895>
37. González, P. M., & Puntarulo, S. (2011). Iron and nitrosative metabolism in the Antarctic mollusc Laternula elliptica. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 153(2), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.11.003>
38. Granstrom, D. E. (1995). Recent advances in the laboratory diagnosis of equine parasitic diseases. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 11(3), 437-442. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30309-7](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30309-7)
39. Grignard, E., Morin, J., Vernet, P., et al. (2005). GPX5 orthologs of the mouse epididymis-restricted and sperm-bound selenium-independent glutathione peroxidase are not expressed with the same quantitative and spatial characteristics in large domestic animals. *Theriogenology*, 64(4), 1016-1033. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.01.008>
40. Groschup, M., Müller, H. P., Weiss, R., et al. (1990). Studies of antigenic components in acid extracts of group C streptococci with special reference to Streptococcus equi. *Zentralbl Bakteriol*, 273(4), 459-470. [https://doi.org/10.1016/s0934-8840\(11\)80453-6](https://doi.org/10.1016/s0934-8840(11)80453-6)
41. He, H., Wang, L., Wang, X., & Zhang, M. (2024). Artificial intelligence in serum protein electrophoresis: history, state of the art, and perspective. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 61(3), 226-240. <https://doi.org/10.1080/10408363.2023.2274325>

42. Jiménez-Trejo, F., Coronado-Mares, I., Boeta, M., et al. (2018). Identification of serotonergic system components in stallion sperm. *Histol Histopathol*, 33(9), 951-958. <https://doi.org/10.14670/HH-11-989>
43. Jobim, M. I., Trein, C., Zirkler, H., et al. (2011). Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis of equine seminal plasma proteins and their relation with semen freezability. *Theriogenology*, 76(4), 765-771. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.04.010>
44. Jung, H., Song, H., & Yoon, M. (2015). The KIT is a putative marker for differentiating spermatogonia in stallions. *Anim Reprod Sci*, 152, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.11.004>
45. Kankavi, O., Ata, A., & Akif Ciftcioglu, M. (2006). Surfactant protein A and D in the reproductive tract of stallion. *Theriogenology*, 66(5), 1057-1064. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.02.047>
46. Kankavi, O., Ata, A., & Gungor, O. (2007). Surfactant proteins A and D in the genital tract of mares. *Anim Reprod Sci*, 98(3-4), 259-270. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.009>
47. Kankavi, O., & Roberts, M. S. (2004). Detection of surfactant protein A (SP-A) and surfactant protein D (SP-D) in equine synovial fluid with immunoblotting. *Can J Vet Res*, 68(2), 146-149
48. Kitaoka, Y., Hoshino, D., Mukai, K., et al. (2011). Effect of growth on monocarboxylate transporters and indicators of energy metabolism in the gluteus medius muscle of Thoroughbreds. *Am J Vet Res*, 72(8), 1107-1111. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.8.1107>
49. Kurien, B. T., & Scofield, R. H. (2006). Western blotting. *Methods*, 38(4), 283-293. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2005.11.007>
50. Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
51. Landsberger, M., & Brinkmeier, H. (2023). Immunoblot Analysis of DIGE-Based Proteomics. *Methods Mol Biol*, 2596, 429-443. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2831-7_29
52. Lee, C. H. (2017). A Simple Outline of Methods for Protein Isolation and Purification. *Endocrinol Metab (Seoul)*, 32(1), 18-22. <https://doi.org/10.3803/EnM.2017.32.1.18>
53. López-Martínez, M. J., Lamy, E., Cerón, J. J., et al. (2024). Changes in the saliva proteome analysed by gel-proteomics in horses diagnosed with equine gastric ulcer syndrome (EGUS) at diagnosis and after successful treatment. *Res Vet Sci*, 167, 105112. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105112>. EDN: <https://elibrary.ru/noxsyi>

-
54. Machado, T. S., Correia da Silva, L. C., Baccarin, R. Y., et al. (2012). Synovial fluid chondroitin sulphate indicates abnormal joint metabolism in asymptomatic osteochondritic horses. *Equine Vet J*, 44(4), 404-411. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2011.00539.x>
 55. Maher, A., Toaleb, N. I., & Shaapan, R. M. (2024). Human and camel cystic echinococcosis - a polyclonal antibody-based sandwich ELISA for its serodiagnosis with molecular identification. *Vet Res Commun*, 26. <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10375-3>. EDN: <https://elibrary.ru/almtgz>
 56. Martin, G. B., Mansion, F., Servais, A. C., et al. (2009). CE-MS method development for peptides analysis, especially hepcidin, an iron metabolism marker. *Electrophoresis*, 30(15), 2624-2631. <https://doi.org/10.1002/elps.200800794>
 57. Martínez-Torrecuadrada, J. L., Díaz-Laviada, M., Roy, P., et al. (1997). Serologic markers in early stages of African horse sickness virus infection. *J Clin Microbiol*, 35(2), 531-535. <https://doi.org/10.1128/jcm.35.2.531-535.1997>
 58. McDonagh, B. (2012). Diagonal electrophoresis for the detection of protein disulfides. *Methods Mol Biol*, 869, 309-315. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_26
 59. McGuire, T. R., & Weitkamp, L. R. (1980). Equine marker genes. Polymorphism for transferrin alleles, TfF1 and TfF2, in Thoroughbreds. *Anim Blood Groups Biochem Genet*, 11(2), 113-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1980.tb01501.x>
 60. Mendoza, L., Gunawardhana, T., Batchelor, W., et al. (2019). Nanocellulose for gel electrophoresis. *J Colloid Interface Sci*, 540, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.01.017>
 61. Minden, J. (2007). Comparative proteomics and difference gel electrophoresis. *Biotechniques*, 43(6), 739-745. <https://doi.org/10.2144/000112653>
 62. Miyata, H., Sugiura, T., Kai, M., et al. (1999). Muscle adaptation of Thoroughbred racehorses trained on a flat or sloped track. *Am J Vet Res*, 60(12), 1536-1539
 63. Mizuno, Y., Ohba, Y., Fujita, H., et al. (1989). Activity staining of acylphosphatase after gel electrophoresis. *Anal Biochem*, 183(1), 46-49. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(89\)90169-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(89)90169-3)
 64. Naumenkova, V. A., Khrabrova, L. A., & Atroshchenko, M. M. (2023). Analysis of the interconnection of stallion semen indicators with genetic markers of proteins. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 15(4), 197-209. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-4-197-209>. EDN: <https://elibrary.ru/hurkbr>
 65. Paltrinieri, S., Giordano, A., Villani, M., et al. (2008). Influence of age and foaling on plasma protein electrophoresis and serum amyloid A and their possible

- role as markers of equine neonatal septicemia. *Vet J*, 176(3), 393-396. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.05.018>
66. Poltep, K., Tesena, P., Yingchutrakul, Y., et al. (2018). Optimisation of a serum albumin removal protocol for use in a proteomic study to identify the protein biomarkers for silent gastric ulceration in horses. *J Equine Sci*, 29(3), 53-60. <https://doi.org/10.1294/jes.29.53>
67. Qiu, Y., Yang, H., Li, C., et al. (2020). Progress in Research on Sperm DNA Fragmentation. *Med Sci Monit*, 26, e918746. <https://doi.org/10.12659/MSM.918746>. EDN: <https://elibrary.ru/uducde>
68. Rappa, K. L., Rodriguez, H. F., Hakkarainen, G. C., et al. (2016). Sperm processing for advanced reproductive technologies: Where are we today? *Biotechnol Adv*, 34(5), 578-587. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.01.007>
69. Ren, G., Okerberg, C. K., & Mathews, S. T. (2012). Ultrasensitive protein detection and imaging: comparison of Lumitein™, ProteoSilver™, SYPRO® Ruby, and Coomassie® Brilliant Blue gel stains. *Methods Mol Biol*, 869, 621-632. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_57
70. Rodriguez, M. C., Mussio, P. E., Villaraza, J., et al. (2023). Physicochemical Characterization of a Recombinant eCG and Comparative Studies with PMSG Commercial Preparations. *Protein J*, 42(1), 24-36. <https://doi.org/10.1007/s10930-023-10092-x>. EDN: <https://elibrary.ru/zbvlvc>
71. Sander, S. J., Joyner, P. H., Cray, C., et al. (2016). Acute phase proteins as a marker of respiratory inflammation in Przewalski's horse (Equus Ferus Przewalskii). *J Zoo Wildl Med*, 47(2), 654-658. <https://doi.org/10.1638/2015-0059.1>
72. Schultze, A. E., Rohrbach, B. W., Fribourg, H. A., et al. (1999). Alterations in bovine serum biochemistry profiles associated with prolonged consumption of endophyte-infected tall fescue. *Vet Hum Toxicol*, 41(3), 133-139.
73. Shan, S., Tanaka, H., & Shoyama, Y. (2001). Enzyme-linked immunosorbent assay for glycyrrhizin using anti-glycyrrhizin monoclonal antibody and an eastern blotting technique for glucuronides of glycyrrhetic acid. *Anal Chem*, 73(24), 5784-90. <https://doi.org/10.1021/ac0106997>
74. Shibata, H., & Shibuya, A. (1995). Cholinesterase. *Nihon Rinsho*, 53(5), 1173-1177. (на японском языке)
75. Shin, J. A., Yang, Y. H., Kim, H. S., et al. (2002). Genetic polymorphism of the serum proteins of horses in Jeju. *J Vet Sci*, 3(4), 255-263.
76. Smith, B. J. (1984). SDS Polyacrylamide Gel Electrophoresis of Proteins. *Methods Mol Biol*, 41-55. <https://doi.org/10.1385/0-89603-062-8>
77. Souto, P. C., Fonseca, L. A. D., Orozco, A. M. O., et al. (2019). Acute-Phase Proteins of Healthy Horses and Horses Naturally Affected by Colic Syndrome. *J Equine Vet Sci*, 80, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.06.002>

78. Tan, H. Y., Ng, T. W., & Liew, O. W. (2007). Effects of light spectrum in flat-bed scanner densitometry of stained polyacrylamide gels. *Biotechniques*, 42(4), 474-478. <https://doi.org/10.2144/0001124>
79. Tesena, P., Yingchutrakul, Y., Roytrakul, S., et al. (2019). Searching for serum protein markers of equine squamous gastric disease using gel electrophoresis and mass spectrometry. *Equine Vet J*, 51(5), 581-586. <https://doi.org/10.1111/evj.13068>
80. Tomioka, Y., Nakagawa, M., Sakuma, C., et al. (2022). Analysis of bovine serum albumin unfolding in the absence and presence of ATP by SYPRO Orange staining of agarose native gel electrophoresis. *Anal Biochem*, 654, 114817. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2022.114817>. EDN: <https://elibrary.ru/gneuml>
81. Tung, J. T., Fenton, J. I., Arnold, C., et al. (2002). Recombinant equine interleukin-1 β induces putative mediators of articular cartilage degradation in equine chondrocytes. *Can J Vet Res*, 66(1), 19-25.
82. Tung, J. T., Venta, P. J., Eberhart, S. W., et al. (2002). Effects of anti-arthritis preparations on gene expression and enzyme activity of cyclooxygenase-2 in cultured equine chondrocytes. *Am J Vet Res*, 63(8), 1134-1139. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.1134>
83. van Ginneken, M. M., Keizer, H. A., Wijnberg, I. D., et al. (2004). Immunohistochemical identification and fiber type specific localization of protein kinase C isoforms in equine skeletal muscle. *Am J Vet Res*, 65(1), 69-73. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.69>
84. Van Kuilenburg, A. B., Dekker, H. L., Van den Bogert, C., et al. (1991). Isoforms of human cytochrome-c oxidase. Subunit composition and steady-state kinetic properties. *Eur J Biochem*, 199(3), 615-622. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1991.tb16162.x>
85. Vincent, S. G., Cunningham, P. R., Stephens, N. L., et al. (1997). Quantitative densitometry of proteins stained with coomassie blue using a Hewlett Packard scanjet scanner and Scanplot software. *Electrophoresis*, 18(1), 67-71. <https://doi.org/10.1002/elps.1150180114>
86. Welsh, J. A., Jenkins, L. M., Kepley, J., et al. (2020). High Sensitivity Protein Gel Electrophoresis Label Compatible with Mass-Spectrometry. *Biosensors (Basel)*, 10(11), 160. <https://doi.org/10.3390/bios10110160>. EDN: <https://elibrary.ru/qkoihl>
87. Zhang, L. H., & McManus, D. P. (1996). Purification and N-terminal amino acid sequencing of Echinococcus granulosus antigen 5. *Parasite Immunol*, 18(12), 597-606. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3024.1996.d01-42.x>
88. Zinellu, A., Pasciu, V., Sotgia, S., et al. (2010). Capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence detection for ATP quantification in spermatozoa

and oocytes. *Anal Bioanal Chem*, 398(5), 2109-2116. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-4186-6>

89. Zippies, J. K., Hauck, S. M., Schoeffmann, S., et al. (2010). Kininogen in autoimmune uveitis: decrease in peripheral blood stream versus increase in target tissue. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 51(1), 375-382. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-4094>

References

1. Grigorieva, N. N., & Grigoriev, S. N. (2022). Indicators of amino acid composition of blood in Yakut breed horses. In *Strategy and prospects of development of agricultural technologies and forestry in Yakutia until 2050: Collection of scientific articles based on materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the formation of the Yakut ASSR and the 85th anniversary of the First President of the RS(Y) M. E. Nikolaev (Nikolaev Readings)* (pp. 412-418). Yakutsk: Publishing House «Znanie-M». EDN: <https://elibrary.ru/lnacaq>
2. Grigorieva, N. N., & Pavlova, A. I. (2008). Some hematological indicators of horses of Yakut breed by ecotypes. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 1(43), 50-52. EDN: <https://elibrary.ru/iyqvavz>
3. Dodokhov, V. V., & Filippova, N. P. (2015). Polymorphism of blood serum proteins in horses of Yakut breed. *Potential of Modern Science*, 4(12), 70-75. EDN: <https://elibrary.ru/txnuwr>
4. Zavyalova, O. A., Marsyanova, Yu. A., Ishtulin, A. F., et al. (2021). Effect of variable valence metals on oxidative modification of albumin amino acid residues. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*, 9(3), 369-376. <https://doi.org/10.23888/HMJ202193369-376>. EDN: <https://elibrary.ru/dltlym>
5. Mardanly, S. G., Avdonina, A. S., & Zatevalov, A. M. (2021). Immune blotting for detection of specific immunoglobulins class «M» to SARS-CoV-2 coronavirus. *Izvestiya GSTU. Medicine, Pharmacy*, 3, 45-53. EDN: <https://elibrary.ru/rmjjll>
6. Marsyanova, Yu. A., Zvyagina, V. I., Belskikh, E. S., et al. (2024). Arginine and succinate as factors supporting mitochondrial oxidative phosphorylation under hypoxia. *Izvestiya GSTU. Medicine, Pharmacy*, 2, 10-18. <https://doi.org/10.51620/2687-1521-2024-2-18-10-18>. EDN: <https://elibrary.ru/qlhioe>
7. Marsyanova, Yu. A., Zvyagina, V. I., & Solovykh, D. A. (2023). Effect of modulation of nitric oxide (II) synthesis under chronic normobaric hypoxia on lactate dehydrogenase isoenzyme spectrum of rat epididymis. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 26(1), 49-54. <https://doi.org/10.29296/25877313-2023-01-09>. EDN: <https://elibrary.ru/ibjovv>

8. Nazarenko, R. V., & Zdanovsky, V. M. (2019). Methods of sperm selection for intracytoplasmic sperm injection procedure in in vitro fertilization programs (literature review). *Reproduction Issues*, 25(2), 83-89. <https://doi.org/10.17116/repro20192502183>. EDN: <https://elibrary.ru/rvnrsh>
9. Niyatshin, F. I., Dolmatova, I. Yu., & Ganieva, I. N. (2015). Analysis of genetic structure of Bashkir breed horses by polymorphic proteins and blood enzymes. In *Agricultural science in innovative development of agro-industrial complex: Materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of Bashkir State Agrarian University within the framework of the XXV International specialized exhibition «Agrocomplex-2015» (Part II, pp. 139-143)*. Ufa: Bashkir State Agrarian University. EDN: <https://elibrary.ru/ubayil>
10. Parakhin, A. S., Gabrielyan, A. V., Demenin, V. Yu., et al. (2020). Application of combination of protein fraction purification and analysis methods using the example of electrophoretic analysis of amylolytic enzymes. In *Fundamental and applied research in natural sciences and technical sciences: hypotheses, ideas, results: Collection of scientific papers based on materials of the International scientific-practical conference (pp. 24-28)*. Belgorod: LLC «Agency for Advanced Scientific Research». EDN: <https://elibrary.ru/jcplnk>
11. Tarasenko, S. V., Natal'skiy, A. A., Peskov, O. D., Bogomolov, A. Yu., Nikiforov, A. A., Avilushkina, E. O., & Tarakanov, P. V. (2021). Possibilities of early diagnosis and prediction of complicated clinical forms of chronic pancreatitis. *I. P. Pavlov Russian Medical and Biological Herald*, 29(2), 267-275. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ34887>. EDN: <https://elibrary.ru/rrlcpk>
12. Tseloval'nikova, M. I. (2010). Possibility of using polymorphic proteins and serum enzymes in origin control of Karachay breed horses. *Agricultural Journal*, 3(1), 96-97. EDN: <https://elibrary.ru/nwawwb>
13. Yurov, G. K., Alekseenkova, S. V., Diaz Jimenez, K. A., et al. (2013). Immunological methods for diagnosis of equine infectious anemia. *Russian Veterinary Journal*, 1, 28-30. EDN: <https://elibrary.ru/pyedot>
14. Adams, L. D., & Gallagher, S. R. (2005). Two-dimensional gel electrophoresis. *Curr Protoc Immunol*, chapter 8:8.5.1-8.5.24. <https://doi.org/10.1002/0471142735.im0805s68>
15. Agarwal, A., Barbăroșie, C., Ambar, R., et al. (2020). The Impact of Single- and Double-Strand DNA Breaks in Human Spermatozoa on Assisted Reproduction. *Int J Mol Sci*, 21(11), 3882. <https://doi.org/10.3390/ijms21113882>. EDN: <https://elibrary.ru/phkedt>
16. Agrícola, R., Carvalho, H., Barbosa, M., et al. (2008). Blood lymphocyte subpopulations, neutrophil phagocytosis and proteinogram during late pregnancy

- and postpartum in mares. *Reprod Domest Anim*, 43(2), 212-217. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00879.x>
17. Arakawa, T., Nakagawa, M., Sakuma, C., et al. (2024). Electrophoresis, a transport technology that transitioned from moving boundary method to zone method. *Eur Biophys J*, 53(1-2), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00249-023-01694-5>. EDN: <https://elibrary.ru/uaebpw>
 18. Belgrave, R. L., Dickey, M. M., Arheart, K. L., et al. (2013). Assessment of serum amyloid A testing of horses and its clinical application in a specialized equine practice. *J Am Vet Med Assoc*, 243(1), 113-119. <https://doi.org/10.2460/javma.243.1.113>
 19. Bergström, K., Aspan, A., Landén, A., et al. (2012). The first nosocomial outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses in Sweden. *Acta Vet Scand*, 54(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-11>. EDN: <https://elibrary.ru/ghtefo>
 20. Bouwman, F. G., van Ginneken, M. M., Noben, J. P., et al. (2010). Differential expression of equine muscle biopsy proteins during normal training and intensified training in young standardbred horses using proteomics technology. *Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics*, 5(1), 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2009.11.001>
 21. Bouwman, F. G., van Ginneken, M. M., van der Kolk, J. H., et al. (2010). Novel markers for tying-up in horses by proteomics analysis of equine muscle biopsies. *Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics*, 5(2), 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2010.03.009>
 22. Brandon, C. I., Heusner, G. L., Caudle, A. B., et al. (1999). Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis of equine seminal plasma proteins and their correlation with fertility. *Theriogenology*, 52(5), 863-873. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00178-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00178-8)
 23. Burnette, W. N. (1981). "Western blotting": electrophoretic transfer of proteins from sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gels to unmodified nitrocellulose and radiographic detection with antibody and radioiodinated protein A. *Anal Biochem*, 112(2), 195-203. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(81\)90281-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(81)90281-5)
 24. Byard, J., Marshall, D. E., Houghton, E., et al. (1996). Novel approaches to the purification and identification of cytochrome P450 enzymes in the equine. *Biochem Soc Trans*, 24(2), 208S. <https://doi.org/10.1042/bst024208s>
 25. Cannon-Carlson, S., & Tang, J. (1997). Modification of the Laemmli sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis procedure to eliminate artifacts on reducing and nonreducing gels. *Anal Biochem*, 246(1), 146-148. <https://doi.org/10.1006/abio.1997.2002>

26. Choudhary, S., Kumaresan, A., Kumar, M., et al. (2017). Effect of recombinant and native buffalo OVGP1 on sperm functions and in vitro embryo development: a comparative study. *J Anim Sci Biotechnol*, 8, 69. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0201-5>. EDN: <https://elibrary.ru/irphkt>
27. Chubatsu, L. S., Gerhardt, E. C. M., & Souza, E. M. (2023). A simple preparation of prestained molecular markers for electrophoresis using inexpensive and readily available proteins. *Anal Biochem*, 1(676), 115231. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2023.115231>. EDN: <https://elibrary.ru/glbtep>
28. Collinder, E., Berge, G. N., Grønvold, B., et al. (2000). Influence of bacitracin on microbial functions in the gastrointestinal tract of horses. *Equine Vet J*, 32(4), 345-350. <https://doi.org/10.2746/042516400777032165>
29. Csako, G. (2019). Immuno-electrophoresis: A Method with Many Faces. *Methods Mol Biol*, 1855, 249-268. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8793-1_21
30. de Menezes, V. T., Queiroz, A. O., Gomes, M. A., et al. (2004). Trypanosoma evansi in inbred and Swiss-Webster mice: distinct aspects of pathogenesis. *Parasitol Res*, 94(3), 193-200. <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1207-4>. EDN: <https://elibrary.ru/qxpima>
31. Dedet, J. P. (2000). Les leishmanioses: actualités [Leishmaniasis: update]. *Presse Med*, 29(18), 1019-1026.
32. Dezhabad, A., Dalimi, A., Hoghooghi Rad, N., et al. (2023). Secretory Excretory and Somatic Immunogenic Antigens Profiles of Adult Fasciola spp. *Arch Razi Inst*, 78(1), 435-443. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359262.2393>
33. Dias, G. M., López, M. L., Ferreira, A. T., et al. (2014). Thiol-disulfide proteins of stallion epididymal spermatozoa. *Anim Reprod Sci*, 145(1-2), 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.12.007>
34. Ellenberger, C., Wilsher, S., Allen, W. R., et al. (2008). Immunolocalisation of the uterine secretory proteins uterocalin, uteroferrin and uteroglobin in the mare's uterus and placenta throughout pregnancy. *Theriogenology*, 70(5), 746-757. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.050>
35. Ellison, R. S., & Jacobs, R. M. (1990). An attempt to determine the tissue origin of equine serum alkaline phosphatase by isoelectric focusing. *Can J Vet Res*, 54(1), 119-125.
36. Franco, M. M., Santos, J. B., Mendonça, A. S., et al. (2016). Quick method for identifying horse (Equus caballus) and donkey (Equus asinus) hybrids. *Genet Mol Res*, 15(3), gmr.15038895. <https://doi.org/10.4238/gmr.15038895>
37. González, P. M., & Puntarulo, S. (2011). Iron and nitrosative metabolism in the Antarctic mollusc Laternula elliptica. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 153(2), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2010.11.003>

38. Granstrom, D. E. (1995). Recent advances in the laboratory diagnosis of equine parasitic diseases. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 11(3), 437-442. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30309-7](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30309-7)
39. Grignard, E., Morin, J., Vernet, P., et al. (2005). GPX5 orthologs of the mouse epididymis-restricted and sperm-bound selenium-independent glutathione peroxidase are not expressed with the same quantitative and spatial characteristics in large domestic animals. *Theriogenology*, 64(4), 1016-1033. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.01.008>
40. Groschup, M., Müller, H. P., Weiss, R., et al. (1990). Studies of antigenic components in acid extracts of group C streptococci with special reference to *Streptococcus equi*. *Zentralbl Bakteriol*, 273(4), 459-470. [https://doi.org/10.1016/s0934-8840\(11\)80453-6](https://doi.org/10.1016/s0934-8840(11)80453-6)
41. He, H., Wang, L., Wang, X., & Zhang, M. (2024). Artificial intelligence in serum protein electrophoresis: history, state of the art, and perspective. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 61(3), 226-240. <https://doi.org/10.1080/10408363.2023.2274325>
42. Jiménez-Trejo, F., Coronado-Mares, I., Boeta, M., et al. (2018). Identification of serotonergic system components in stallion sperm. *Histol Histopathol*, 33(9), 951-958. <https://doi.org/10.14670/HH-11-989>
43. Jobim, M. I., Trein, C., Zirkler, H., et al. (2011). Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis of equine seminal plasma proteins and their relation with semen freezability. *Theriogenology*, 76(4), 765-771. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.04.010>
44. Jung, H., Song, H., & Yoon, M. (2015). The KIT is a putative marker for differentiating spermatogonia in stallions. *Anim Reprod Sci*, 152, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.11.004>
45. Kankavi, O., Ata, A., & Akif Ciftcioglu, M. (2006). Surfactant protein A and D in the reproductive tract of stallion. *Theriogenology*, 66(5), 1057-1064. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.02.047>
46. Kankavi, O., Ata, A., & Gungor, O. (2007). Surfactant proteins A and D in the genital tract of mares. *Anim Reprod Sci*, 98(3-4), 259-270. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.009>
47. Kankavi, O., & Roberts, M. S. (2004). Detection of surfactant protein A (SP-A) and surfactant protein D (SP-D) in equine synovial fluid with immunoblotting. *Can J Vet Res*, 68(2), 146-149
48. Kitaoka, Y., Hoshino, D., Mukai, K., et al. (2011). Effect of growth on monocarboxylate transporters and indicators of energy metabolism in the gluteus medius muscle of Thoroughbreds. *Am J Vet Res*, 72(8), 1107-1111. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.8.1107>

49. Kurien, B. T., & Scofield, R. H. (2006). Western blotting. *Methods*, 38(4), 283-293. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2005.11.007>
50. Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
51. Landsberger, M., & Brinkmeier, H. (2023). Immunoblot Analysis of DIGE-Based Proteomics. *Methods Mol Biol*, 2596, 429-443. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2831-7_29
52. Lee, C. H. (2017). A Simple Outline of Methods for Protein Isolation and Purification. *Endocrinol Metab (Seoul)*, 32(1), 18-22. <https://doi.org/10.3803/EnM.2017.32.1.18>
53. López-Martínez, M. J., Lamy, E., Cerón, J. J., et al. (2024). Changes in the saliva proteome analysed by gel-proteomics in horses diagnosed with equine gastric ulcer syndrome (EGUS) at diagnosis and after successful treatment. *Res Vet Sci*, 167, 105112. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105112>. EDN: <https://elibrary.ru/noxsyi>
54. Machado, T. S., Correia da Silva, L. C., Baccarin, R. Y., et al. (2012). Synovial fluid chondroitin sulphate indicates abnormal joint metabolism in asymptomatic osteochondritic horses. *Equine Vet J*, 44(4), 404-411. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2011.00539.x>
55. Maher, A., Toaleb, N. I., & Shaapan, R. M. (2024). Human and camel cystic echinococcosis - a polyclonal antibody-based sandwich ELISA for its serodiagnosis with molecular identification. *Vet Res Commun*, 26. <https://doi.org/10.1007/s11259-024-10375-3>. EDN: <https://elibrary.ru/almtgz>
56. Martin, G. B., Mansion, F., Servais, A. C., et al. (2009). CE-MS method development for peptides analysis, especially hepcidin, an iron metabolism marker. *Electrophoresis*, 30(15), 2624-2631. <https://doi.org/10.1002/elps.200800794>
57. Martínez-Torrecuadrada, J. L., Díaz-Laviada, M., Roy, P., et al. (1997). Serologic markers in early stages of African horse sickness virus infection. *J Clin Microbiol*, 35(2), 531-535. <https://doi.org/10.1128/jcm.35.2.531-535.1997>
58. McDonagh, B. (2012). Diagonal electrophoresis for the detection of protein disulfides. *Methods Mol Biol*, 869, 309-315. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_26
59. McGuire, T. R., & Weitkamp, L. R. (1980). Equine marker genes. Polymorphism for transferrin alleles, TfF1 and TfF2, in Thoroughbreds. *Anim Blood Groups Biochem Genet*, 11(2), 113-117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1980.tb01501.x>
60. Mendoza, L., Gunawardhana, T., Batchelor, W., et al. (2019). Nanocellulose for gel electrophoresis. *J Colloid Interface Sci*, 540, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.01.017>

61. Minden, J. (2007). Comparative proteomics and difference gel electrophoresis. *Biotechniques*, 43(6), 739-745. <https://doi.org/10.2144/000112653>
62. Miyata, H., Sugiura, T., Kai, M., et al. (1999). Muscle adaptation of Thoroughbred racehorses trained on a flat or sloped track. *Am J Vet Res*, 60(12), 1536-1539
63. Mizuno, Y., Ohba, Y., Fujita, H., et al. (1989). Activity staining of acylphosphatase after gel electrophoresis. *Anal Biochem*, 183(1), 46-49. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(89\)90169-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(89)90169-3)
64. Naumenkova, V. A., Khrabrova, L. A., & Atroshchenko, M. M. (2023). Analysis of the interconnection of stallion semen indicators with genetic markers of proteins. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 15(4), 197-209. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-4-197-209>. EDN: <https://elibrary.ru/hurkbr>
65. Paltrinieri, S., Giordano, A., Villani, M., et al. (2008). Influence of age and foaling on plasma protein electrophoresis and serum amyloid A and their possible role as markers of equine neonatal septicaemia. *Vet J*, 176(3), 393-396. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.05.018>
66. Poltep, K., Tesena, P., Yingchutrakul, Y., et al. (2018). Optimisation of a serum albumin removal protocol for use in a proteomic study to identify the protein biomarkers for silent gastric ulceration in horses. *J Equine Sci*, 29(3), 53-60. <https://doi.org/10.1294/jes.29.53>
67. Qiu, Y., Yang, H., Li, C., et al. (2020). Progress in Research on Sperm DNA Fragmentation. *Med Sci Monit*, 26, e918746. <https://doi.org/10.12659/MSM.918746>. EDN: <https://elibrary.ru/uducde>
68. Rappa, K. L., Rodriguez, H. F., Hakkarainen, G. C., et al. (2016). Sperm processing for advanced reproductive technologies: Where are we today? *Biotechnol Adv*, 34(5), 578-587. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.01.007>
69. Ren, G., Okerberg, C. K., & Mathews, S. T. (2012). Ultrasensitive protein detection and imaging: comparison of Lumitein™, ProteoSilver™, SYPRO® Ruby, and Coomassie® Brilliant Blue gel stains. *Methods Mol Biol*, 869, 621-632. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_57
70. Rodriguez, M. C., Mussio, P. E., Villaraza, J., et al. (2023). Physicochemical Characterization of a Recombinant eCG and Comparative Studies with PMSG Commercial Preparations. *Protein J*, 42(1), 24-36. <https://doi.org/10.1007/s10930-023-10092-x>. EDN: <https://elibrary.ru/zbvlvc>
71. Sander, S. J., Joyner, P. H., Cray, C., et al. (2016). Acute phase proteins as a marker of respiratory inflammation in Przewalski's horse (*Equus Ferus Przewalskii*). *J Zoo Wildl Med*, 47(2), 654-658. <https://doi.org/10.1638/2015-0059.1>

72. Schultze, A. E., Rohrbach, B. W., Fribourg, H. A., et al. (1999). Alterations in bovine serum biochemistry profiles associated with prolonged consumption of endophyte-infected tall fescue. *Vet Hum Toxicol*, 41(3), 133-139.
73. Shan, S., Tanaka, H., & Shoyama, Y. (2001). Enzyme-linked immunosorbent assay for glycyrrhizin using anti-glycyrrhizin monoclonal antibody and an eastern blotting technique for glucuronides of glycyrrhetic acid. *Anal Chem*, 73(24), 5784-90. <https://doi.org/10.1021/ac0106997>
74. Shibata, H., & Shibuya, A. (1995). Cholinesterase. *Nihon Rinsho*, 53(5), 1173-1177. (на японском языке)
75. Shin, J. A., Yang, Y. H., Kim, H. S., et al. (2002). Genetic polymorphism of the serum proteins of horses in Jeju. *J Vet Sci*, 3(4), 255-263.
76. Smith, B. J. (1984). SDS Polyacrylamide Gel Electrophoresis of Proteins. *Methods Mol Biol*, 41-55. <https://doi.org/10.1385/0-89603-062-8>
77. Souto, P. C., Fonseca, L. A. D., Orozco, A. M. O., et al. (2019). Acute-Phase Proteins of Healthy Horses and Horses Naturally Affected by Colic Syndrome. *J Equine Vet Sci*, 80, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.06.002>
78. Tan, H. Y., Ng, T. W., & Liew, O. W. (2007). Effects of light spectrum in flat-bed scanner densitometry of stained polyacrylamide gels. *Biotechniques*, 42(4), 474-478. <https://doi.org/10.2144/0001124>
79. Tesena, P., Yingchutrakul, Y., Roytrakul, S., et al. (2019). Searching for serum protein markers of equine squamous gastric disease using gel electrophoresis and mass spectrometry. *Equine Vet J*, 51(5), 581-586. <https://doi.org/10.1111/evj.13068>
80. Tomioka, Y., Nakagawa, M., Sakuma, C., et al. (2022). Analysis of bovine serum albumin unfolding in the absence and presence of ATP by SYPRO Orange staining of agarose native gel electrophoresis. *Anal Biochem*, 654, 114817. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2022.114817>. EDN: <https://elibrary.ru/gneuml>
81. Tung, J. T., Fenton, J. I., Arnold, C., et al. (2002). Recombinant equine interleukin-1beta induces putative mediators of articular cartilage degradation in equine chondrocytes. *Can J Vet Res*, 66(1), 19-25.
82. Tung, J. T., Venta, P. J., Eberhart, S. W., et al. (2002). Effects of anti-arthritis preparations on gene expression and enzyme activity of cyclooxygenase-2 in cultured equine chondrocytes. *Am J Vet Res*, 63(8), 1134-1139. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.1134>
83. van Ginneken, M. M., Keizer, H. A., Wijnberg, I. D., et al. (2004). Immunohistochemical identification and fiber type specific localization of protein kinase C isoforms in equine skeletal muscle. *Am J Vet Res*, 65(1), 69-73. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.69>

84. Van Kuilenburg, A. B., Dekker, H. L., Van den Bogert, C., et al. (1991). Isoforms of human cytochrome-c oxidase. Subunit composition and steady-state kinetic properties. *Eur J Biochem*, 199(3), 615-622. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1991.tb16162.x>
85. Vincent, S. G., Cunningham, P. R., Stephens, N. L., et al. (1997). Quantitative densitometry of proteins stained with coomassie blue using a Hewlett Packard scanjet scanner and Scanplot software. *Electrophoresis*, 18(1), 67-71. <https://doi.org/10.1002/elps.1150180114>
86. Welsh, J. A., Jenkins, L. M., Kepley, J., et al. (2020). High Sensitivity Protein Gel Electrophoresis Label Compatible with Mass-Spectrometry. *Biosensors (Basel)*, 10(11), 160. <https://doi.org/10.3390/bios10110160>. EDN: <https://elibrary.ru/qkoihl>
87. Zhang, L. H., & McManus, D. P. (1996). Purification and N-terminal amino acid sequencing of Echinococcus granulosus antigen 5. *Parasite Immunol*, 18(12), 597-606. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3024.1996.d01-42.x>
88. Zinellu, A., Pasciu, V., Sotgia, S., et al. (2010). Capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence detection for ATP quantification in spermatozoa and oocytes. *Anal Bioanal Chem*, 398(5), 2109-2116. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-4186-6>
89. Zipplies, J. K., Hauck, S. M., Schoeffmann, S., et al. (2010). Kininogen in autoimmune uveitis: decrease in peripheral blood stream versus increase in target tissue. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 51(1), 375-382. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-4094>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Атрошенко Михаил Михайлович, канд. биол. наук, заведующий лабораторией криобиологии
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт коневодства»
пос. Дивово, Рыбновский р-н, Рязанская обл., 391105, Российская Федерация
atromiks-77@mail.ru

Марсянова Юлия Александровна, научный сотрудник лаборатории криобиологии; ассистент кафедры биологической химии
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт коневодства»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
пос. Дивово, Рыбновский р-н, Рязанская обл., 391105, Российская Федерация; ул. Высоковольтная, 9, г. Рязань, 390026, Российская Федерация
yuliyamarsyanova@yahoo.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Mikhail M. Atroshchenko, Ph.D. Biol. Sc., Head of the Laboratory of Cryobiology
All-Russian Research Institute for Horse Breeding
Divovo, Rybnovskii district, Ryazan region, 391105, Russian Federation
atomiks-77@mail.ru
SPIN-code: 4509-6874
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6023-0332>
Researcher ID: R-6360-2016
Scopus Author ID: 36781771200

Yuliya A. Marsyanova, Researcher at the Laboratory of Cryobiology; Assistant at the Department of Biological Chemistry
All-Russian Research Institute for Horse Breeding; Ryazan State Medical University
Divovo, Rybnovskii district, Ryazan region, 391105, Russian Federation; 9, Vysokovolttnaya Str., Ryazan, 390026, Russian Federation
yuliyamarsyanova@yahoo.com
SPIN-code: 4075-3169
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4948-4504>
Researcher ID: GLN-5372-2022
Scopus Author ID: 58037038700

Поступила 05.09.2024

После рецензирования 01.12.2024

Принята 20.12.2024

Received 05.09.2024

Revised 01.12.2024

Accepted 20.12.2024