

DOI: 10.37925/0039-713X-2023-7-39-41

УДК 636.4.084:577.118

Особенности аккумуляции и изменчивости меди в скелетной мускулатуре свиней различных пород



О.А. ЗАЙКО, кандидат биолог. наук, доцент, Т.В. КОНОВАЛОВА, ст. преподаватель, О.С. КОРОТКЕВИЧ, доктор биолог. наук, профессор, В.Л. ПЕТУХОВ, доктор биолог. наук, профессор, Е.Е. ГЛУЩЕНКО, кандидат вет. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

В статье представлены результаты оценки содержания меди в скелетной мускулатуре свиней пород ландрас, кемеровской и скороспелой мясной, разводимых в Западной Сибири. Приведены в том числе робастные показатели. Зарегистрированы межпородные различия в парах скороспелая мясная – кемеровская и скороспелая мясная – ландрас.

Ключевые слова: медь, скелетная мускулатура, свиньи, влияние породы.

Peculiarities of copper accumulation and variation in skeletal muscles of pigs of various breeds

О.А. ZAYKO, candidate of biological sciences, associate professor, T.V. KONOVALOVA, senior lecturer, O.S. KOROTKEVICH, doctor of biological sciences, professor, V.L. PETUKHOV, doctor of biological sciences, professor, E.E. GLUSCHENKO, candidate of veterinary sciences, associate professor, Novosibirsk State Agrarian University, e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

The article presents the research results of assessing the copper content in the pigs' skeletal muscles of Landras, Kemerovo and Precocious Meat breeds which bred in Western Siberia. Robust indicators are also given. Interbreed differences in couples are registered: Precocious Meat – Kemerovo and Precocious Meat – Landras breeds.

Key words: copper, skeletal muscles, pigs, the effect of the breed.

■ Введение

Доктрина продовольственной безопасности РФ декларирует, что каждый гражданин нашей страны обладает доступом к безвредным продуктам питания высокого качества, обеспечивающим его жизнь и здоровье. Также указывается на необходимость выполнения медико-биологических фундаментальных и прикладных научных исследований, связанных с качеством продовольственной продукции, увеличением производства новых обогащенных, специализированных, диетических пищевых продуктов, осуществлением непрерывного мониторинга, прогнозирования и контроля в сфере продовольственной безопасности [1].

Химический состав сельскохозяйственного сырья является постоянным предметом контроля. Нарушение стабильности химического состава организма человека и животных приводит к значительным метаболиче-

ским расстройствам, клиническим и морфологическим изменениям, что чревато возникновением различных заболеваний [2, 3].

Продукты животного происхождения являются важным источником легкоусвояемых микроэлементов в рационе человека, соответственно, различия в их концентрациях, связанные, например, с породой сельскохозяйственных животных, требуют дальнейшего изучения [4].

Медь является важнейшим микроэлементом с относительно высоким окислительно-восстановительным потенциалом, который используется многими ферментами, ассоциируя данный химический элемент с митохондриальным дыханием, антиоксидантной защитой и образованием нейротрансмиттеров [5–7].

В регионах Западной Сибири проводится экологический мониторинг объектов неживой и живой приро-

ды [8–10]. Оценивается интерьер сельскохозяйственных животных на предмет химического статуса и других показателей [8, 11]. Это важно для установления контрольных точек, которые можно использовать для обнаружения изменения тенденций, выявления угроз и формирования предложений по регулирующим действиям в АПК.

■ Новизна исследований

Впервые изучены межпородные различия в аккумуляции меди в скелетной мускулатуре свиней пород ландрас, кемеровской и скороспелой мясной, выращиваемых в Западно-Сибирском регионе.

Цель исследования – определить межпородные особенности накопления меди в скелетной мускулатуре свиней различных пород, районированных в Западной Сибири.

■ Материалы и методы исследования

В исследовании, выполненном за период 2016–2022 годов, использовались три группы свиней различных пород – ландраса, кемеровской и скороспелой мясной (СМ-1). Животные выращены в крупных свиноводческих хозяйствах Алтайского края, Кемеровской и Новосибирской областей. Группы сформированы случайно с соблюдением принципа аналогов и с учетом пола, возраста, живой массы и происхождения. Во время всего технологического периода животные были клинически здоровы, обеспечены комплексом ветеринарных мероприятий в соответствии с планом, на момент убоя не имели в анамнезе заболеваний инфекционного и неинфекционного генеза.

Животные содержались в типовых для мясного откорма условиях в соответствии с ГОСТом 28839-2017. В зависимости от этапа развития и откорма кормление свиней осуществлялось стандартными сбалансированными по питательной, минеральной и витаминной составляющей полнорационными комбикормами. Количество меди зависело от изменения живой массы животных и достигало 19–38 мг в сутки в структуре рациона.

ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ Р 51850-2001 лежали в основе контроля качества комбикормов, оценивались гарантированные и дополнительные показатели. Вода 2-го класса служила для поения животных. В местах разведения свиней проводился комплексный мониторинг на предмет оценки химических элементов, включая медь, в пробах воды, почвы и кормов. Превышения установленных пределов для нормируемых элементов не было зарегистрировано [12, 13].

Откорм животных проводился до достижения массы 100 кг, возраст перед убоем соответствовал 150–160 дням. Убой животных выполнялся, руководствуясь ГОСТом 31476-2012, действующей технологической инструкцией к нему, соответствующими техническими регламентами (ТР ТС 034/2013, ТР ТС 021/2011), Приказом Минсельхоза России от 12.03.2014 года №72.

Предметом исследования была скелетная мускулатура. Общее число проб равнялось 73. Отбирались образцы массой примерно 100 г от каждого животного. Пробы мышечной ткани хранились индивидуально

Таблица. Содержание меди в мышечной ткани свиней некоторых пород, районированных в Западной Сибири (мг/кг)

Порода	n	$\bar{x} \pm S_x$	Me	σ	IQR	lim	Отношение крайних вариант
Ландрас	30	0,81±0,03	0,84	0,17	0,25	0,46–1,20	1:2,6
Кемеровская	26	0,84±0,07	0,82	0,34	0,59	0,38–1,70	1:4,5
СМ-1	17	1,81±0,36	1,40	1,49	0,70	0,40–5,40	1:13,5

Примечание: Me – медиана, σ – среднеквадратическое отклонение, IQR – интерквартильный размах.

в полиэтиленовой упаковке zip-lock в морозильной камере при температуре -24°C до исследования. Начальная пробоподготовка заключалась в размораживании и гомогенизации. Количество меди в скелетной мускулатуре определялось методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой на оборудовании iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific, США) с индексом способа обзора плазмы Duo на базе Аналитического центра коллективного пользования Института геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН. Навески массой 2 г автоклавировались с 2 мл концентрированной азотной кислоты квалификации «особо чистый» при температуре $80\text{--}100^{\circ}\text{C}$ один час. Далее добавлялась перекись водорода в объеме 5 мл квалификации не ниже «химически чистый» и проводилось автоклавирование при 200°C один час. После полного остывания содержимое в пластиковой пробирке разбавлялось до 20 мл дистиллированной водой и перемешивалось. Для исследования бралась аликвота. Внутренним стандартом был скандий.

Для анализа данных использовалось ПО Microsoft Office Excel, язык программирования R (версия 4.2.3) и среда анализа данных RStudio версии 2023.03.1 (2009–2023 Posit Software PBC). Характер распределения оценивали с помощью критериев Шапиро-Уилка и Андерсона-Дарлинга. Критерий Флигнера-Килина применялся для выявления гомогенности дисперсий. Для определения наличия межпородных различий между группами животных использовался критерий Краскела-Уоллиса и тест Данна с поправкой Холма. Последние критерии считались статистически значимыми при $P < 0,05$.

■ Результаты исследований и обсуждение

Микроэлементология развивается и ориентируется на все большее элементное разнообразие, химический состав и измерение более низ-

ких концентраций во всевозможных объектах и предметах исследования для выявления эффектов в отношении организма животных и человека. Важным остается мониторинг концентраций микроэлементов и токсикантов в различных биологических структурах [14].

Перспективным является жизненная коррекция содержания отдельных химических элементов в структурах организма сельскохозяйственных животных и выявление пород, отличающихся большей или меньшей способностью накапливать те или иные микроэлементы или токсиканты [15, 16].

Оценка характера распределения уровня меди в мышечной ткани свиней различных пород выполнялась в том числе с помощью ряда формальных статистических критериев. В тесте Шапиро-Уилка установлено, что для породы ландрас и кемеровской можно принять нулевую гипотезу о нормальности распределения, W-критерий равен 0,97 ($P > 0,05$) и 0,93 ($P > 0,05$) соответственно. В случае с породой СМ-1 нулевая гипотеза была отклонена (W-критерий равен 0,79; $P < 0,05$). Критерий Андерсона-Дарлинга полностью согласовывался с предыдущим. Оценка гомогенности дисперсий выполнялась посредством критерия Флигнера-Килина, установлена их неоднородность ($P < 0,05$). Для скороспелой мясной породы было характерно наличие нескольких предельных значений. Следовательно, общепринятые показатели описательной статистики были дополнены робастными.

В таблице показаны данные по содержанию меди в мышечной ткани свиней изучаемых пород. Максимальный уровень металла зарегистрирован у свиней скороспелой мясной породы. Близкие концентрации характерны для двух остальных пород. Ранжирование пород по этому показателю с учетом медианы выявило следующий убывающий ряд: скороспелая мясная – ландрас – кемеровская. В относительных параметрах, где за единицу принята

медиана уровня меди в мышечной ткани свиней кемеровской породы, он выглядел как 1,71:1,02:1.

СанПин 2.3.2.560-96 регулировал содержание меди в мясе на уровне не более 5 мг/кг. В действующем техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» это ограничение отсутствует, но контролируется уровень данного химического элемента в некоторых других продуктах питания. Считается, что на долю мяса животных приходится 18% потребления меди двухлетним ребенком, а на долю мужчины 60–65 лет – 38% [17]. Но ряд исследований в области гуманной медицины показал, что недостаток меди в продуктах питания может быть проблемой общественного здравоохранения [18].

Относительно показателей изменчивости для животных скороспелой мясной породы характерны большие различия по возможности накопления меди в мышечной ткани, что отражается как на стандартном отклонении и отношении крайних вариантов, так и на

интерквартильном размахе как более робастном метрическом показателе. Большой однородностью по рассматриваемому признаку отличается группа свиней породы ландрас.

Учитывая разное количество животных в группах, наличие в одной из них отличающегося от нормального распределения данных относительно небольшое число наблюдений. Оценка влияния породы на аккумуляцию меди в мышечной ткани выполнена с помощью теста Краскела-Уоллиса. Нулевая гипотеза о том, что медианные значения во всех группах исследуемых пород свиней не отличаются, была отвергнута ($N=10,96$, $df=2$, $P=0,0042$).

Выполнение *post-hoc* сравнения, а именно теста Данна с поправкой Холма, позволило отвергнуть нулевую гипотезу о том, что между группами в некоторых парах нет отличий по уровню накопления меди в мышечной ткани. Это справедливо для пары пород кемеровская и скороспелая мясная ($Z\text{-statistic}=-2,925928$, $P=0,0034$) и пары ландрас и скороспелая мясная

($Z\text{-statistic}=-3,030729$, $P=0,0037$). В скелетной мускулатуре свиней породы СМ-1 медиана, характеризующая накопление меди в этой ткани, в 1,7 раза больше, чем в двух оставшихся группах. Информации о породных различиях в накоплении разных химических элементов в организме животных ограниченное количество. Например, в работе V.M. Tomović et al. не установлены различия в уровне меди в мышцах свиней пород крупная белая и ландрас [19].

Выводы

Определены межпородные различия в аккумуляции меди в скелетной мускулатуре свиней трех пород, районированных в Западной Сибири. Медианы содержания меди в мышцах свиней пород скороспелая мясная, ландрас и кемеровская составили 1,4, 0,84 и 0,82 мг/кг соответственно. Установлено влияние породы на накопление металла, что подтверждает роль наследственности в предрасположенности или устойчивости к аккумуляции меди в мышцах свиней.

Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 №20). М.: Росинформ-агротех, 2020. 25 с.
2. Bhattacharya P.T. Nutritional aspects of essential trace elements in oral health and disease: An extensive review/ P.T. Bhattacharya, S.R. Misra, M. Hussain. *Scientifica* (Cairo), 2016. Vol. 2016. 5464373. DOI: 10.1155/2016/5464373.
3. Zofkova I. Trace elements have beneficial, as well as detrimental effects on bone homeostasis/I. Zofkova, M. Davis, J. Blahos. *Physiological Research*, 2017. Vol. 66(3). P. 391–402. DOI: 10.33549/physiolres.933454.
4. Pereira V. Trace element concentrations in beef cattle related to the breed aptitude/ V. Pereira, P. Carbajales, M. López-Alonso, M. Miranda. *Biological Trace Element Research*, 2018. Vol. 186(1). P. 135–142. DOI: 10.1007/s12011-018-1276-3.
5. Tsuji P.A. Trace minerals and trace elements/P.A. Tsuji, J.A. Canter, L.E. Rosso// *Encyclopedia of Food and Health*: Academic Press. Waltham, 2016. P. 331–338. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00699-1>.
6. Malavolta M. Trace elements and minerals in health and longevity/M. Malavolta, E. Mocchegiani. Cham: Springer International Publishing, 2018. Vol. 8. 328 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03742-0>.
7. Altarelli M. Copper deficiency: Causes, manifestations, and treatment/M. Altarelli, N. Ben-Hamouda, A. Schneider, M.M. Berger. *Nutrition in Clinical Practice*, 2019. Vol. 34(4). P. 504–513. DOI: 10.1002/ncp.10328.
8. Sebezhko O.I. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva/O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin et al. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017. Vol. 9(9). P. 1530–1535.
9. Narozhnykh K.N. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia)/K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyayev et al. *Indian Journal of Ecology*, 2018. Vol. 45(4). P. 866–871.
10. Григорьева А.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды в условиях криолитозоны/А.А. Григорьева, Г.Е. Миронова, Л.Д. Олесова и др. *Проблемы региональной экологии*, 2018. №6. С. 51–58. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-16051.
11. Осадчук Л.В. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области/Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин и др. *Вестник НГАУ*, 2017. №2. С. 52–61.
12. Сысо А.И. Тяжелые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку/А.И. Сысо// *Агрохимия в XXI веке: Сборник научных трактатов*. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 30–33.
13. Skiba T.V. Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes/T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova et al. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017. Vol. 9(6). P. 958–964.
14. Nordberg M. Trace element research-historical and future aspects/M. Nordberg, G.F. Nordberg. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2016. Vol. 38. P. 46–52. <https://doi.org/10.1016/J.JTEMB.2016.04.006>.
15. Патент RU2591825C1. МПК G01N 33/48. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота/Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. и др. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный аграрный университет». №2015116391/15. Заявлено 29.04.2015, опубликовано 20.07.2016.
16. Патент RU2602915C1. МПК G01N 33/48. Способ определения концентрации свинца в легких крупного рогатого скота/Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Нарожных К.Н. и др. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный аграрный университет». №2015130994/15. Заявлено 24.07.2015, опубликовано 20.11.2016.
17. Toxicological profile for copper. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html?id=1488&tid=293>.
18. DiNicolantonio J.J. Copper deficiency may be a leading cause of ischaemic heart disease/J.J. DiNicolantonio, D. Mangano, J.H. O'Keefe. *Open Heart*, 2018. Vol. 5(2). e000784. DOI: 10.1136/openhrt-2018-000784.
19. Tomović V. Determination of mineral contents of semimembranosus muscle and crossbred pigs in Vojvodina (Northern Serbia)/V. Tomović, L. Petrovic, M.S. Tomović et al. *Food Chemistry*, 2011. Vol. 124. P. 342–348.