

УДК 577.115.3 + 577.359

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ТКАНЕЙ ЯКУТСКОЙ ЛОШАДИ

© 2020 г. К. А. Петров¹, О. Н. Махутова^{2,3,*}, М. И. Гладышев^{2,3}

Представлено академиком РАН И.И. Гительзоном

Поступило 04.02.2019 г.

После доработки 03.03.2020 г.

Принято к публикации 03.03.2020 г.

Исследовали состав и содержание жирных кислот печени, мышечной и жировой тканей лошадей якутской породы, обитающих в экстремальных температурных условиях криолитозоны. Незаменимые линолевая и альфа-линоленовая кислоты, поступающие к лошадям с пищей, распределялись в тканях животных по-разному. Печень была богата линолевой кислотой, а мышечная и жировая ткани накапливали альфа-линоленовую кислоту. Такое распределение свидетельствует о разной роли данных жирных кислот в метаболизме лошадей. Мышечная ткань лошадей якутской породы является ценным диетическим продуктом в отношении жирных кислот.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), лошади якутской породы

DOI: 10.31857/S2686738920030117

Лошади издавна используются человеком не только как тягловая сила, но и как источник питания. По данным FAO на 2013 г. доля России в мировом производстве конины была 7% [1]. В Республике Саха (Якутия) основу рациона местных жителей составляют лошади якутской породы, которые предположительно появились на этой территории несколько веков назад, мигрируя с якутским народом [2]. Обитая в экстремальных температурных условиях криолитозоны, лошади якутской породы демонстрируют яркий пример быстрой адаптации животных к условиям обитания [2]. Причины столь хорошей адаптации полностью не изучены. Предполагается, что питание криокормом, закаленной холодом отавой, обогащенной питательными веществами, помогает животным переживать экстремально холодные зимы [2]. Лошади эффективно ассимилируют из растительного корма полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), такие как линолевая (ЛК, 18:2n-6) и альфа-линоленовая (18:3n-3, АЛК)

благодаря строению желудочно-кишечного тракта, действию микроорганизмов и наличию специфических панкреатинных липаз, связанных с протеином 2 (PLRP2) [1]. Эти липазы отсутствуют у жвачных животных, свиней и индеек, характеризующихся низким содержанием ПНЖК в тканях [3]. Предположительно микроорганизмы и/или липазы осуществляют гидролиз галактолипидов хлоропластов, что обеспечивает высокую эффективность ассимиляции растительных ПНЖК лошадьми [1]. Таким образом, конина рассматривается как самый полезный диетический продукт – источник незаменимых ПНЖК (18:2n-6 и 18:3n-3) [4–6] и потенциально может быть обогащена физиологически ценными длинноцепочечными омега-3 ПНЖК (20:5n-3 и 22:6n-3).

Целью нашей работы было сравнение состава и содержания жирных кислот (ЖК) печени, мышечной и жировой тканей лошадей якутской породы, обитающих в условиях экстремально низких зимних температур. Были исследованы ткани 5 особей – трех кобыл возрастом 7, 8 и 18 месяцев, и двух жеребцов возрастом 8 месяцев, забитых местным населением, в период массового забоя якутской лошади (ноябрь) в Верхоянском, Мегино-Кангаласском, Чурапчинском, Олекминском и Сунтарском районах Якутии. Рацион лошадей был преимущественно злаково-осоковым. Мышечная и жировая ткани были отобраны из реберной части животных. Дальнейшая процедура взвешивания, определения влажности, фиксации и анализа состава ЖК подробно описана в [7].

Во всех пробах было идентифицировано 53 ЖК. В дальнейшем анализе использовали 21 ЖК

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия

² Институт биофизики Федерального исследовательского центра “Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук”, Красноярск, Россия

³ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

*e-mail: makhutova@ibp.krasn.ru

Таблица 1. Состав жирных кислот (среднее \pm стандартная ошибка, % от общей суммы кислот), суммарное содержание ЖК (сумма ЖК, мг/г сырого веса) и влажность (%) в печени, мышечной и жировой тканях лошадей якутской породы (число проб 5). Средние, обозначенные одинаковыми буквами, достоверно не отличались при $p < 0.05$ по критерию HSD Тьюки для *post hoc* теста (для данных с нормальным распределением) и теста Краскела–Уоллиса (для данных с ненормальным распределением, стандартные ошибки отсутствуют) в дисперсионном анализе ANOVA (программа STATISTICA 9.0, StatSoft Inc.). При недостоверных значениях ANOVA буквы отсутствуют

ЖК	Мышечная ткань	Печень	Жировая ткань
10:0	0.2 \pm 0.0 ^A	0.0 \pm 0.0 ^A	0.5 \pm 0.1 ^B
12:0	1.0 \pm 0.2 ^A	0.2 \pm 0.0 ^A	2.2 \pm 0.4 ^B
14:0	4.4 \pm 0.5 ^A	0.9 \pm 0.2 ^B	6.6 \pm 0.5 ^C
15:0	0.3 \pm 0.0 ^A	0.1 \pm 0.0 ^B	0.4 \pm 0.0 ^C
16:0	21.0 \pm 0.6 ^A	11.5 \pm 1.2 ^B	22.0 \pm 0.2 ^A
16:1n-9	0.4 \pm 0.0 ^A	0.2 \pm 0.0 ^B	0.5 \pm 0.0 ^A
16:1n-7	6.1 \pm 0.9 ^A	2.3 \pm 0.3 ^B	7.0 \pm 0.7 ^A
17:0	0.3 \pm 0.0 ^A	0.4 \pm 0.0 ^B	0.3 \pm 0.0 ^A
18:0	6.9 \pm 0.8 ^A	27.4 \pm 1.7 ^B	4.5 \pm 0.4 ^A
18:1n-9	23.0 \pm 1.6 ^A	11.3 \pm 0.5 ^B	22.4 \pm 0.8 ^A
18:1n-7	2.6 \pm 0.2 ^A	2.1 \pm 0.1 ^A ^B	1.9 \pm 0.0 ^B
18:2n-6	12.9 \pm 1.7 ^A	28.8 \pm 1.8 ^B	9.2 \pm 0.5 ^A
18:3n-3	15.3 \pm 0.9 ^A	6.1 \pm 1.4 ^B	19.2 \pm 0.5 ^C
20:1n-9	0.2 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0
20:2n-6	0.2 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0
20:3n-6	0.2 \pm 0.1 ^A	0.5 \pm 0.1 ^B	0.0 \pm 0.0 ^A
20:4n-6	1.1 \pm 0.4	4.0 \pm 0.5	0.0 \pm 0.0
20:3n-3	0.5 \pm 0.1	0.4 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0
20:5n-3	0.2 \pm 0.0 ^A	0.3 \pm 0.0 ^A	0.0 \pm 0.0 ^B
22:5n-3	0.7 \pm 0.2	0.3 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0
22:6n-3	0.2 \pm 0.1 ^A	0.1 \pm 0.0 ^A	0.0 \pm 0.0 ^B
НЖК	34.1 \pm 0.3 ^A	40.8 \pm 0.7 ^B	36.4 \pm 1.2 ^A
МНЖК	33.5 \pm 2.2 ^A	16.5 \pm 0.8 ^B	33.3 \pm 1.3 ^A
ПНЖК	32.0 \pm 2.5 ^A	42.5 \pm 0.6 ^B	29.8 \pm 0.5 ^A
Сумма ЖК	33.1 ^A	28.3 ^A	660.6 ^B
Влажность	71.5 \pm 0.9	67.5 \pm 0.7	10.5 \pm 2.0

с уровнем $>0.2\%$ (табл. 1). В мышечной и жировой тканях лошадей более 70% всех ЖК составляли 18:1n-9, 16:0, 18:3n-3 и 18:2n-6, а в печени — 18:2n-6, 18:0, 16:0 и 18:1n-9 (табл. 1). В составе ЖК не было обнаружено транс-ЖК, а содержание разветвленных ЖК составляло менее 1% от общих ЖК.

Печень исследуемых животных отличалась от мышечной и жировой тканей по содержанию большинства ЖК. Так, в печени процентное содержание 17:0, 18:0, 18:2n-6 и 20:3n-6 было достоверно больше, а 14:0, 15:0, 16:0, 16:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-9, 18:3n-3 было достоверно меньше, чем в мышечной и жировой тканях лошадей (табл. 1).

Процентное содержание многих ЖК было сходным в мышечной и жировой тканях лошадей. Однако отличительной особенностью жировой ткани было самое высокое содержание 18:3n-3 и короткоцепочечных насыщенных ЖК (10:0, 12:0, 14:0), и отсутствие большинства длинноцепочечных ПНЖК, включая физиологически ценные арахидоновую (АРК, 20:4n-6), эйкозапентаеновую (ЭПК, 20:5n-3) и докозагексаеновую (ДГК, 22:6n-3) кислоты (табл. 1).

Суммарное абсолютное содержание (мг/г сырой массы) ЖК в жировой ткани было в 20 раз больше, чем в мышечной ткани и в печени (табл. 1).

Две незаменимые ПНЖК, ЛК и АЛК, по-разному распределялись в тканях исследованных лошадей. ЛК главным образом аккумулировалась в печени, в то время как АЛК накапливалась в жировой ткани. Мы предполагаем, что ЛК используется в качестве предшественника в синтезе физиологически ценной АРК, содержание которой было также самым высоким именно в печени (табл. 1). Накопление АЛК в жировой ткани свидетельствует об энергетической функции данной ЖК (табл. 1, рис. 1). Аналогичная особенность была обнаружена при исследовании распределения ЛК и АЛК в разных классах липидов иберийских лошадей [8]. Линолевая кислота накапливалась в полярных липидах, очевидно, выполняя строительную функцию, а альфа-линоленовая кислота, напротив, аккумулировалась в запасных липидах [8].

Состав ПНЖК мышечной и жировой тканей лошадей зависит от состава ПНЖК пищи. Например, содержание 18:2n-6 и 18:3n-3 — основных полиенов тканей лошадей, сильно варьируется в зависимости от рациона: 12–35.1% и 0.75–24.3% соответственно [1]. При этом и высокие и низкие значения данных ПНЖК были обнаружены у лошадей, обитающих в мягком климате. Лошади якутской породы питаются отавой, прошедшей холодное закаливание, и имеющей высокое содержание 18:3n-3 (~60%) и 18:2n-6 (~12%) богаты данными полиенами. Однако играют ли данные ПНЖК важную роль в адаптации лошадей к экстремально холодному климату, остается неизвестным.

Процент физиологически ценных омега-3 ПНЖК, а именно, ЭПК и ДГК в мышечной ткани и печени лошадей был незначительным и составлял 0.4% от суммы всех ЖК, несмотря на высокий процент предшественника этих ЖК —

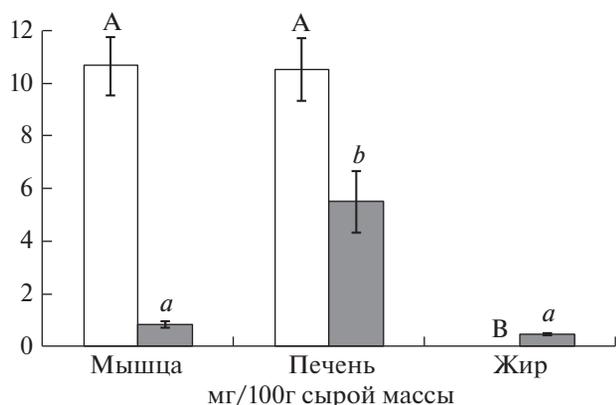


Рис. 1. Среднее содержание (мг/100 г сырой массы) суммы эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот (незакрашенные столбики) и соотношения n-6/n-3 (закрашенные столбики) в печени, мышечной и жировой тканях лошадей якутской породы (пояснения в тексте). Значения, обозначенные одинаковыми буквами, достоверно не различались при $p < 0.05$ по критерию HSD Тьюки для post hoc теста.

18:3n-3 (табл. 1). Абсолютное содержание (мг/г сырой массы) ЭПК и ДГК, а также соотношение ПНЖК семейств омега-6 и омега-3 (n-6/n-3) используются для оценки пищевой ценности продуктов [7]. Печень и мышечная ткань не различались по абсолютному содержанию ЭПК и ДГК, однако соотношение n-6/n-3 было диетически более благоприятным в мышечной ткани. То есть, из трех исследованных видов тканей мышечная ткань является более ценным продуктом в отношении омега-3 ПНЖК.

Таким образом, впервые было исследовано относительное и абсолютное содержание ЖК лошадей якутской породы. Во всех исследованных тканях обнаружено высокое содержание линоле-

вой и альфа-линоленовой кислот. Мы предполагаем, что линолевая кислота частично используется как предшественник в синтезе физиологически ценной арахидоновой кислоты, в то время как альфа-линоленовая кислота, в основном, выполняет энергетическую функцию. Конина (мышечная ткань) является ценным диетическим продуктом питания благодаря низкому соотношению n-6/n-3 ПНЖК < 1 .

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа поддержана Государственным заданием в рамках программы фундаментальных исследований РФ, тема № 51.1.1; Государственным заданием Министерства образования и науки РФ Сибирскому федеральному университету на выполнение НИР № 6.1504.2017/ПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Belaunzaran X., Bessa R.J.B., Lavín P., et al.* // *Meat Science*. 2015. V. 108. P. 74–81.
2. *Петров К.А., Перк А.А., Чепалов В.А., et al.* // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. С. 1129–1138.
3. *De Caro J., Eydoux C., Chérif S., et al.* // *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*. 2008. V. 150. P. 1–9.
4. *Juárez M., Polvillo O., Gómez M.D., et al.* // *Meat Science*. 2009. V. 83. P. 224–228.
5. *Guil-Guerrero J.L., Rincón-Cervera M.A., Venegas-Venegas C.E., et al.* // *International Food Research Journal*. 2013. V. 20. P. 3249–3258.
6. *Belaunzaran X., Lavín P., Barron L.J.R., et al.* // *Meat Science*. 2017. V. 124. P. 39–47.
7. *Gladyshev M.I., Makhutova O.N., Gubanenko G.A., et al.* // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2015. V. 117. P. 1417–1421.
8. *Belaunzaran X., Lavín P., Mantecón A.R., et al.* // *Animal*. 2018. V. 12. P. 417–425.

FATTY ACID COMPOSITION OF YAKUT HORSE'S TISSUES

К. А. Petrov^a, О. N. Makhutova^{b,c,#}, and M. I. Gladyshev^{b,c}

^a *Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of RAS, Yakutsk, Russian Federation*

^b *Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoyarsk, Russian Federation*

^c *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

[#] *e-mail: makhutova@ibp.krasn.ru*

Presented by Academician of the RAS I.I. Gitel'zon

We compared the composition and content of fatty acids (FA) in liver, muscle and subcutaneous fat of Yakut horses inhabiting extreme environment in the cryolithozone. Essential linoleic and alpha-linolenic acids, supplied to horses with their food, were accumulated in different tissues. Linoleic acid was accumulated in the liver but alpha-linolenic acid was accumulated in muscle and subcutaneous fat. Such a distribution indicates different roles of these fatty acids in the metabolism of horses. Yakut horse meat is a valuable dietary product owing to its fatty acid composition and content.

Keywords: polyunsaturated fatty acids, horses of the Yakut breed