

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ / BREEDING, SELECTION,
GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12>

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СЕЗОНОМ ГОДА И СТАДИЕЙ ЛАКТАЦИИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КОРОВ
СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ И ПРОФИЛЕМ ЖИРНЫХ КИСЛОТ МОЛОКА

Научная статья

Зарипов О.Г.^{1*}, Игнатьева Л.П.², Лашнева И.А.³, Токарев А.И.⁴, Нарышкина Е.Н.⁵, Сермягин А.А.⁶

¹ORCID : 0000-0001-7493-4410;

²ORCID : 0000-0003-2625-6912;

⁴ORCID : 0009-0003-2384-7001;

⁵ORCID : 0000-0002-3421-1653;

⁶ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л. К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zarog[at]mail.ru)

Аннотация

В рамках проведенной работы получены оценки влияния возраста коров, сезона года и стадии лактации на жирнокислотный профиль молочного жира в молоке коров симментальской породы. Установлено, что молоко коров 3-й лактации и старше содержит меньшее количество насыщенных и среднецепочечных жирных кислот. Также меньшим содержанием указанных жирных кислот характеризовалось молоко, полученное в первой трети лактации и в летний период. Изученное влияние факторов на состав молочного жира у симментальской породы в сравнении с другими молочными породами, а именно голштинизированой черно-пестрой, показало более логическое изменение соотношений жирных кислот в зависимости от действующего фактора, которое было показано в ряде исследований, а также в ранее полученных предыдущих результатах.

Ключевые слова: профиль жирных кислот молочного жира, симментальская порода, сезон лактации, стадия лактации, статистический анализ.

CORRELATION BETWEEN SEASON OF THE YEAR AND STAGE OF LACTATION OF DIFFERENT-AGED
SIMMENTAL COWS AND MILK FATTY ACID PROFILE

Research article

Zaripov O.G.^{1*}, Ignatieva L.², Lashneva I.A.³, Tokarev A.I.⁴, Narishkina Y.N.⁵, Sermyagin A.A.⁶

¹ORCID : 0000-0001-7493-4410;

²ORCID : 0000-0003-2625-6912;

⁴ORCID : 0009-0003-2384-7001;

⁵ORCID : 0000-0002-3421-1653;

⁶ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Federal Research Center for Animal Husbandry named after L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russian Federation

* Corresponding author (zarog[at]mail.ru)

Abstract

Within the framework of the conducted work, estimations of the influence of the age of cows, season of the year and stage of lactation on the fatty acid profile of milk fat in the milk of Simmental cows were obtained. It was found that milk of cows of the 3rd lactation and older contains less saturated and medium-chain fatty acids. Also, the lower content of these fatty acids was characterized by milk obtained in the first third of lactation and in the summer period. The studied influence of factors on the composition of milk fat in Simmental breed in comparison with other dairy breeds, namely Holsteinized black-and-white, showed a more logical change in the ratios of fatty acids depending on the acting factor, which was shown in a number of studies, as well as in the previous results.

Keywords: milk fatty acid profile, Simmental breed, lactation season, lactation stage, statistical analysis.

Введение

Состав профиля жирных кислот молочного жира — насущный вопрос как для исследователей, так и для производителей молочной продукции по причине влияния жирных кислот на питательную ценность молока и его пользу для здоровья человека. Соотношение жирных кислот молока является результатом сложных комплексных взаимодействий множества генетических и негенетических факторов, отдельное влияние каждого из которых трудно оценить. Применение таких направлений в исследованиях, как GWAS-анализ и маркер-зависимая селекция позволяет выявлять потенциальные маркеры и определять влияние непосредственных SNP на продуктивность и компонентный состав молока [1], [2], [3]. Также значимое влияние на жирнокислотный профиль оказывают такие факторы, как рацион кормления, сезон и стадия лактации, возраст животного и порода. Влияние сезона года в первую очередь характеризуется изменением рациона кормления животных. В весенне-летний период в рационе увеличивается количество зеленой массы, богатой ненасыщенными и длинноцепочечными жирными кислотами. Но также не стоит недооценивать влияние теплового стресса, который отрицательно сказывается на потреблении корма и соответственно

на энергетическом обмене, особенно в ранний период лактации, когда происходит иммобилизация жировых запасов у коров по причине отрицательного энергетического баланса [4]. В связи с вышесказанным, цель нашей работы заключалась в оценке влияния сезона и стадии лактации, а также возраста животного на жирнокислотный профиль молочного жира у коров симментальской породы.

Методы и принципы исследования

Молоко от коров симментальской породы, разводимых в Орловской области, индивидуально отбиралось 3 раза в день, раз в месяц на протяжении двух лет с мая 2022 по май 2024 г. Анализ молока проводился в лаборатории селекционного контроля качества молока ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на автоматическом анализаторе CombiFoss 7 DC («Foss», Дания) по следующим показателям: содержание жира (МДЖ,%), содержание длинноцепочечных жирных кислот (LCFA) (г/100г), содержание среднецепочечных жирных кислот (MCFA) (г/100г), содержание мононенасыщенных жирных кислот (MUFA) (г/100г) и содержание насыщенных жирных кислот (SFA) (г/100г). Общее количество записей составило 6045 наблюдений.

Среднее арифметическое, ошибка, стандартное отклонение вычисляли при помощи пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013. Степень изменчивости признаков оценивали по коэффициенту вариации (Cv). Оценки влияния исследуемых признаков рассчитывали при помощи библиотеки lme4 (версия 1.1-35.5) языка программирования R (версия 4.4.0) с применением интегрированной среды разработки RStudio.

Основные результаты

К факторам, оказывающим влияние на изменчивость состава жирных кислот молочного жира, исследователями причисляются кормление, номер и стадия лактации, сезон года [5], а также порода животного. Молочный жир молока коров молочных пород в большей степени представлен коротко- и среднецепочечными насыщенными жирными кислотами, тогда как у пород двойного назначения преобладают ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты, а также их жирнокислотный профиль более благоприятен, с точки зрения полезности, для человека [6]. В рамках проведенного исследования, в общей выборке проанализированных образцов молока (табл. 1), наиболее представленными являлись насыщенные жирные кислоты, количество длинноцепочечных жирных кислот превышало содержание среднецепочечных ($p \leq 0,001$).

Таблица 1 - Описательно-статистические параметры жирнокислотного состава молока коров симментальской породы

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12.1>

Показатель	МДЖ%	MCFA	SFA	LCFA	MUFA
Средняя	3,98±0,01	1,42±0,005	2,4±0,008	1,52±0,006	1,16±0,004
Мин.	0,05	0,48	0,2	0	0,16
Макс.	11,8	4,2	7,2	6,1	4,7
Коэффициент вариации	23,2%	25,7%	24,8%	32%	29,04%

Примечание: $n = 6045$ наблюдений

В ранее проведенных исследованиях на голштинизированной черно-пестрой породе [7], были получены сопоставимые результаты по содержанию жирных кислот с тем отличием, что MCFA (1,5 г/100г) превалировали над LCFA (1,43 г/100г). В остальном профиль распределение жирных кислот в молоке обеих пород значительно не различался, несмотря на то что симментальская порода считается породой двойного назначения.

С возрастом животного и соответственно в зависимости от номера лактации коров был выявлен значительный рост содержания MUFA ($p \leq 0,05$) и LCFA ($p \leq 0,05$) в противовес SFA ($p \leq 0,05$) и MCFA ($p \leq 0,01$) (рис. 1).

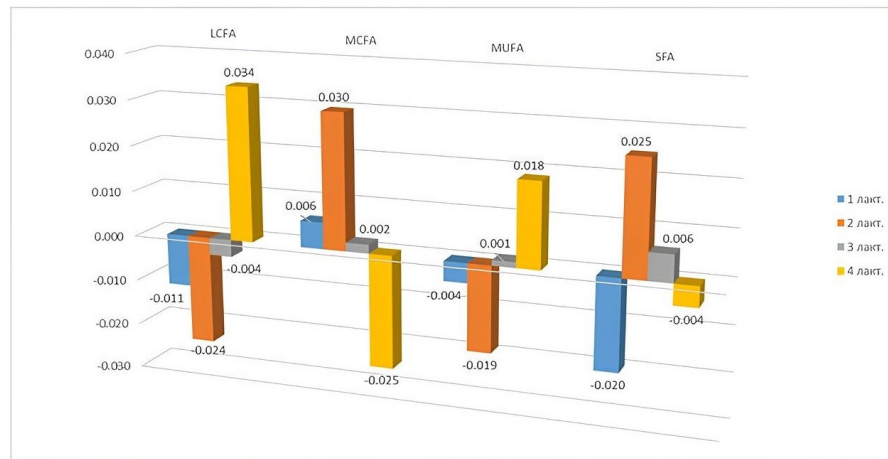


Рисунок 1 - Оценки влияния номера лактации на жирнокислотный профиль молочного жира
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12.2>

В отличие от голштинизированных черно-пестрых коров, в молоке которых нами был показан последовательный рост насыщенных и среднецепочечных жирных кислот, у коров симментальской породы наблюдалось возрастание данных жирных кислот только в течение первой и второй лактации, а с увеличением возраста их содержание снижалось достигая минимума в четвертую лактацию. Оценки влияния возраста животного на содержание ненасыщенных и длинноцепочечных жирных кислот показали диаметрально противоположные результаты, как в рамках каждой лактации, так и в общей картине. При этом содержание LCFA в первую лактацию отличалось от полученных нами данных у голштинизированных черно-пестрых коров [7] в противоположную сторону. Рядом исследований показано, что молоко первотелок, с точки зрения питания и пользы для человека, обладает более желательным профилем жирных кислот с низким содержанием SFA и повышенным содержанием MUFA [8], [9], [10], но полученные данные относились к молочным породам, а именно к голштинской. Наши исследования дают возможность предполагать, что молоко от коров пород двойного назначения более поздних лактаций не уступает по качеству и содержит большее количество полезных жирных кислот.

Влияние стадии лактации на состав молочного жира в молоке, рядом исследователей считается даже более значимым, чем возраст животного. Показаны значительные изменения в профиле жирных кислот в первой и последней трети лактации, что объясняется метаболическими обменными процессами и физиологическими изменениями в организме молочных коров, что влияет на соотношение между синтезируемыми de novo и поступающими из крови и депонированных жировых запасов жирными кислотами [11], [12].

Сравнивая полученные нами результаты с аналогичными исследованиями, указывающие на то, что содержание среднецепочечных жирных кислот достигает своего пика ко второй трети лактации, а длинноцепочечные в это время находятся на своем минимуме [13], выявлены общие тенденции, показывающие (рис. 2, рис. 3), что со второй трети лактации (101-200 день) и до её окончания содержание LCFA ($p < 0,001$) находилось на минимальном уровне для всех возрастов, также как и ненасыщенные жирные кислоты.

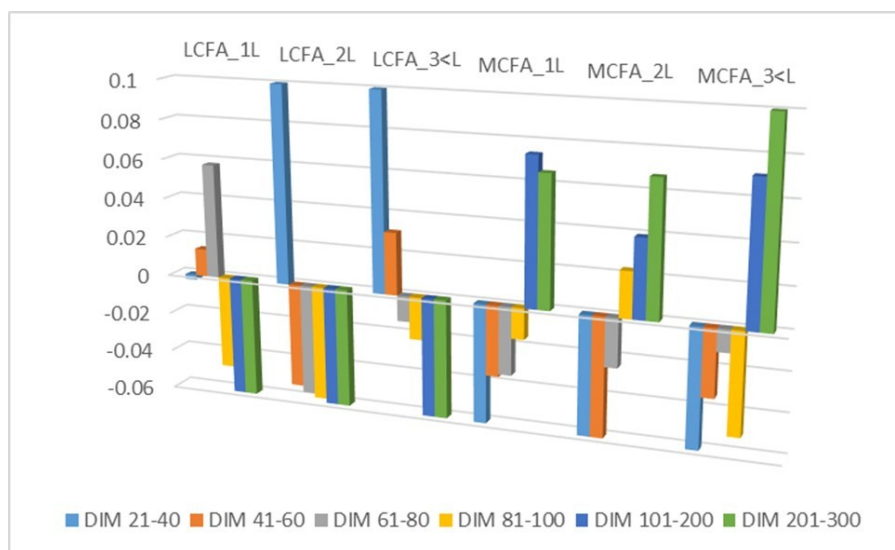


Рисунок 2 - Оценки влияния стадии лактации на содержания длинно- и среднецепочечных жирных кислот
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12.3>

Примечание: 1L – животные 1-й лактации, 2L – животные 2-й лактации, 3<L – животные 3-ей и старшие лактаций

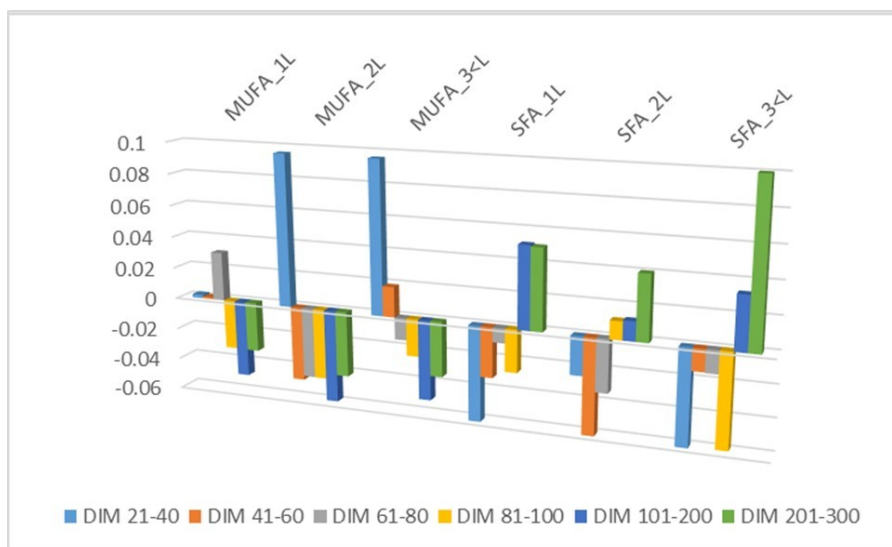


Рисунок 3 - Оценки влияния стадии лактации на содержание мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12.4>

Примечание: 1L – животные 1-й лактации, 2L – животные 2-й лактации, 3<L – животные 3-ей и старшие лактаций

В тоже время содержание MCFA и SFA показало ($p \leq 0,001$) минимумы в первый месяц лактации и постепенно росло в течение лактации и достигало максимальных показателей к третьей трети лактации, тогда как LCFA и MUFA ($p \leq 0,01$) максимальные значения имели в первый месяц у возрастных коров с последующим снижением в течение лактации.

Изменения соотношения профиля жирных кислот молочного жира на протяжении лактации отличалось у первотелок, при сохранении общего тренда превалирования содержания ненасыщенных и длинноцепочечных жирных кислот над насыщенными среднецепочечными в первой трети лактации, но своего максимума они достигли только на 61-80 день лактации. Такая изменчивость жирнокислотного состава в первую треть лактации у первотелок обусловлена уровнем экспрессии ряда ферментов, катализирующих синтез жирных кислот в молочной железе, которые достигают значений соответствующие возрастным коровам только к концу первой лактации [14].

Различия в соотношении жирных кислот в молоке у первотелок и возрастных коров, нами также наблюдалось и при оценке влияния сезона лактации (рис. 4).

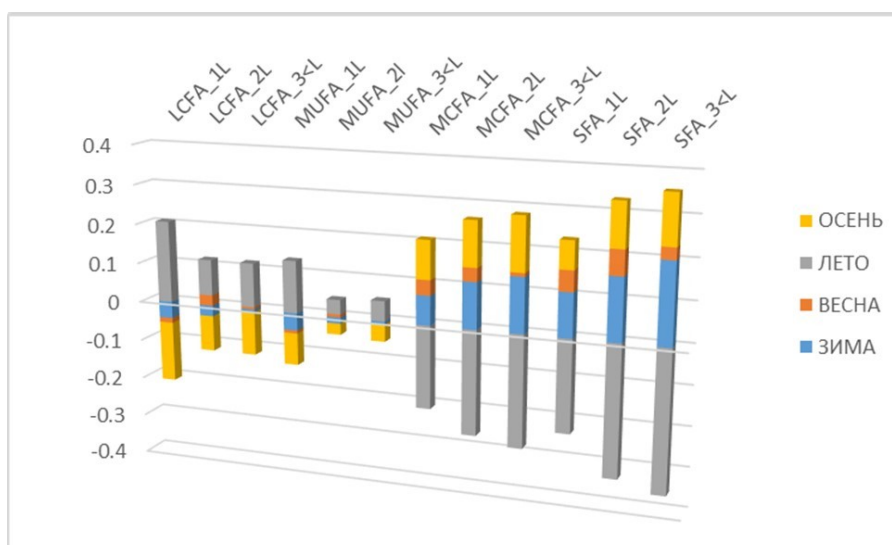


Рисунок 4 - Оценки влияния сезона лактации на содержание длинно- и среднецепочечных жирных кислот
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.12.5>

Примечание: 1L – животные 1-й лактации, 2L – животные 2-й лактации, 3<L – животные 3-ей и старше лактаций

Так в летний период в молоке симментальских коров преобладали MUFA и LCFA в противовес SFA и MCFA, показывающее максимально отрицательное влияние данного периода. Противоположная ситуация наблюдалась в осенне-зимний период, когда молочный жир был представлен преимущественно насыщенными и среднецепочечными жирными кислотами. При этом влияние сезона на содержание жирных кислот менялось с возрастом животного, особенно это отражалось на ненасыщенных и длинноцепочечных жирных кислотах, когда их содержание снизилось практически в два и более раза ($p \leq 0,001$) у животных второй и старшей лактаций по отношению к первотелкам в летний период и аналогично возросло ($p \leq 0,001$) в осенний. Изменчивость MCFA и SFA с возрастом уступала LCFA и MUFA, но показало увеличение отрицательного влияния весенне-летнего периода на их содержание на 40% ($p \leq 0,001$) и сопоставимый рост в осенне-зимний период. В аналогичных наших исследованиях на голштинизированных черно-пестрых коровах [7] были получены отличимые результаты, когда летний период характеризовался отрицательным влиянием на содержание всех жирных кислот, а максимально содержание наблюдалось в зимне-весенний период. Результаты проведенных исследований жирных кислот в молоке коров симментальской породы более согласуются с литературными данными, указывающими на то, что в молочном жире, полученном из молока в летний период, преобладают ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты и наоборот для молока, полученного в зимний период характерно преобладание насыщенных и среднецепочечных жирных кислот [15], что связывают с изменением рациона кормления, а именно увеличения свежей зеленой массы в весенне-летний период.

Заключение

Результаты исследования указывают на влияние сезона года и стадии лактации коров симментальской породы разного возраста на изменчивость соотношений содержания жирных кислот в молочном жире и позволяют определить наиболее благоприятный период для получения молока с максимально полезными свойствами. Установлено, что молоко коров симментальской породы содержит больше длинноцепочечных жирных кислот, особенно у коров старше 3-4 лактаций, что характерно для пород двойного назначения, и у таких коров повышенное содержание ненасыщенных жирных кислот. Также преобладание LCFA и MUFA наблюдалось в первой трети лактации и в летний период доения. С учетом того, что содержание LCFA и MUFA характеризует степень полезности молока для питания, продолжительность производственного использования животных пород двойного назначения может являться одним из приоритетных направлений селекции.

Финансирование

Исследования выполнены по теме дополнительного государственного задания Минобрнауки России № FGGN-2024-0021.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

Research carried out on the topic of the additional state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia № FGGN-2024-0021.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- Zaalberg R.M. Genome-wide Association Study on Fourier Transform Infrared Milk Spectra for Two Danish Dairy Cattle Breeds / R.M. Zaalberg, L. Janss, A.J. Buitenhuis // BMC Genetics. — 2020. — Vol. 21. — 9 p. — DOI: 10.1186/s12863-020-0810-4.
- Зарипов О.Г. Влияние полиморфизмов генов SCD1 (Стерол-КоА десатураза) и AGPAT6 (1-Ацилглицерин-3-фосфат-О-ацилтрансфераза) на содержание и жирнокислотный состав молочного жира у коров голштинизированной черно-пестрой породы / О.Г. Зарипов // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — № 1 (137). — DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.148.
- Palombo V. Use of multivariate factor analysis of detailed milk fatty acid profile to perform a genome-wide association study in Italian Simmental and Italian Holstein / V. Palombo, G. Conte, M. Mele [et al.]. // Journal of Applied Genetics. — 2020. — Vol. 61. — P. 451–463. — DOI: 10.1007/s13353-020-00568-2.
- Turk R. Effects of Summer Heat on Adipose Tissue Activity in Periparturient Simmental Cows. / R. Turk, N. Rošić, B. Beer Ljubić [et al.] // Metabolites. — 2024. — Vol.14. — P. 207. — DOI: 10.3390/metabo14040207.
- Харитонов Е.Л. Кормовые и метаболитические факторы формирования жирнокислотного состава молока у коров / Е.Л. Харитонов, Д.Е. Панюшкин // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2016. — № 2. — С. 76–106.
- Samkova E. Associations among Farm, Breed, Lactation Stage and Parity, Gene Polymorphisms and the Fatty Acid Profile of Milk from Holstein, Simmental and Their Crosses / E. Samkova, J. Cítek, M. Brzáková [et al.] // Animals. — 2021. — Vol. 11. — P. 3284. — DOI: 10.3390/ani11113284.

7. Зарипов О.Г. Влияние факторов среды и полиморфизма гена DGAT1 на изменчивость признаков молочной продуктивности и профиль жирных кислот молока голштинизированных черно-пестрых коров / О.Г. Зарипов, П.И. Отраднов, И.А. Лашнева [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2024. — № 1 (41). — DOI: 10.23649/JAE.2024.41.8.
8. Park C.H. Genetic Parameters for Milk Fatty Acid Composition of Holstein in Korea / C.H. Park, U. Ranaraja, C.G. Dang [et al.] // Asian-Australas J Anim Sci. — 2020. — Vol. 33. — P. 1573–1578.
9. Artegoitia V. Milk casein and fatty acid fractions in early lactation are affected by nutritional regulation of body condition score at the beginning of the transition period in primiparous and multiparous cows under grazing conditions / V. Artegoitia, A. Meikle, L. Olazabal [et al.] // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. — 2013. — Vol. 97 (5). — P. 919–932. — DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01338.x.
10. Stadnik L. The effect of parity on the proportion of important healthy fatty acids in raw milk of Holstein cows / L. Stadnik, J. Duchacek, M. Okrouhla [et al.] // Mljekarstvo. — 2013. — Vol. 63 (4). — P. 195–202.
11. Lake S.L. Effects of postpartum dietary fat and body condition score at parturition on plasma, adipose tissue, and milk fatty acid composition of lactating beef cows / S.L. Lake, T.R. Weston, E.J. Scholljegerdes [et al.] // Journal of Animal Science. — 2007. — Vol. 85 (3). — P. 717–730. — DOI: 10.2527/jas.2006-353.
12. Nielsen H.M. Influence of breed, parity, and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and live weight / H.M. Nielsen, N.C. Friggens, P. Lovendahl [et al.] // Livestock Production Science. — 2003 — Vol. 79 (2–3). — P. 119–133. — DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00146-X.
13. Samkova E. Joint Effects of Breed, Parity, Month of Lactation, and Cow Individuality on the Milk Fatty Acids Composition / E. Samkova, J. Koubova, L. Hasonova [et al.] // Mljekarstvo. — 2018. — Vol. 68 (2). — P. 98–107. — DOI: 10.15567/mljekarstvo.2018.0203.
14. Miller N. Effect of Stage of Lactation and Parity on Mammary Gland Cell Renewal / N. Miller, L. Delbecchi, D. Petitclerc [et al.] // J Dairy Sci. — 2006. — Vol. 89. — P. 4669–77. — DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72517-6.
15. Duchemin S. Genetic Correlation between Composition of Bovine Milk Fat in Winter and Summer, and DGAT1 and SCD1 by Season Interactions / S. Duchemin, H. Bovenhuis, W.M. Stoop [et al.] // J. Dairy Sci. — 2012. — Vol. 96. — P. 592–604. — DOI: 10.3168/jds.2012-5454.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zaalberg R.M. Genome-wide Association Study on Fourier Transform Infrared Milk Spectra for Two Danish Dairy Cattle Breeds / R.M. Zaalberg, L. Janss, A.J. Buitenhuis // BMC Genetics. — 2020. — Vol. 21. — 9 p. — DOI: 10.1186/s12863-020-0810-4.
2. Zarirov O.G. Vliyanie polimorfizmov genov SCD1 (Cterol-KoA desaturaza) I AGPAT6 (1-Acilglicerin-3-fosfat-O-aciltransferaza) na sodержanie i zhirkokislotoj sostav molochnoho zhiira u korov golstinizirovannoj cherno-pestroj porody [Influence of SCD1 (Sterol-CoA desaturase) and AGPAT6 (1-Acylglyceryl-3-phosphate-O-acyltransferase) genes polymorphisms on content and fat composition of milk fat in golstinated black-and-white cows] / O.G. Zarirov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2023. — № 1 (137). — DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.148. [in Russian]
3. Palombo V. Use of multivariate factor analysis of detailed milk fatty acid profile to perform a genome-wide association study in Italian Simmental and Italian Holstein / V. Palombo, G. Conte, M. Mele [et al.]. // Journal of Applied Genetics. — 2020. — Vol. 61. — P. 451–463. — DOI: 10.1007/s13353-020-00568-2.
4. Turk R. Effects of Summer Heat on Adipose Tissue Activity in Periparturient Simmental Cows. / R. Turk, N. Rošić, B. Beer Ljubić [et al.] // Metabolites. — 2024. — Vol.14. — P. 207. — DOI: 10.3390/metabo14040207.
5. Kharitonov E.L. Kormovye i metabolicheskie faktory formirovanija zhirkokislotoj sostava moloka u korov [Feed and metabolic factors of the milk fatty acid composition in cows] / E.L. Kharitonov, D.E. Panyushkin // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. [Problems of Biology of Productive Animals]. — 2016. — № 2. — P. 76–106. [in Russian]
6. Samkova E. Associations among Farm, Breed, Lactation Stage and Parity, Gene Polymorphisms and the Fatty Acid Profile of Milk from Holstein, Simmental and Their Crosses / E. Samkova, J. Cítek, M. Brzáková [et al.] // Animals. — 2021. — Vol. 11. — P. 3284. — DOI: 10.3390/ani11113284.
7. Zarirov O.G. Vliyanie faktorov sredy i polimorfizma gena DGAT1 na izmenchivost' priznakov molochnoj produktivnosti i profil' zhirnyh kislot moloka golstinizirovannyh cherno-pestryh korov [Influence of environmental factors and dgat1 gene polymorphism on variability of milk productivity traits and fatty acid profile of milk of holstein black-breed cows] / O.G. Zarirov, P.I. Otradnov, I.A. Lashneva [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2024. — № 1 (41). — DOI: 10.23649/JAE.2024.41.8. [in Russian]
8. Park C.H. Genetic Parameters for Milk Fatty Acid Composition of Holstein in Korea / C.H. Park, U. Ranaraja, C.G. Dang [et al.] // Asian-Australas J Anim Sci. — 2020. — Vol. 33. — P. 1573–1578.
9. Artegoitia V. Milk casein and fatty acid fractions in early lactation are affected by nutritional regulation of body condition score at the beginning of the transition period in primiparous and multiparous cows under grazing conditions / V. Artegoitia, A. Meikle, L. Olazabal [et al.] // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. — 2013. — Vol. 97 (5). — P. 919–932. — DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01338.x.
10. Stadnik L. The effect of parity on the proportion of important healthy fatty acids in raw milk of Holstein cows / L. Stadnik, J. Duchacek, M. Okrouhla [et al.] // Mljekarstvo. — 2013. — Vol. 63 (4). — P. 195–202.
11. Lake S.L. Effects of postpartum dietary fat and body condition score at parturition on plasma, adipose tissue, and milk fatty acid composition of lactating beef cows / S.L. Lake, T.R. Weston, E.J. Scholljegerdes [et al.] // Journal of Animal Science. — 2007. — Vol. 85 (3). — P. 717–730. — DOI: 10.2527/jas.2006-353.

12. Nielsen H.M. Influence of breed, parity, and stage of lactation on lactational performance and relationship between body fatness and live weight / H.M. Nielsen, N.C. Friggens, P. Lovendahl [et al.] // *Livestock Production Science*. — 2003 — Vol. 79 (2–3). — P. 119–133. — DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00146-X.
13. Samkova E. Joint Effects of Breed, Parity, Month of Lactation, and Cow Individuality on the Milk Fatty Acids Composition / E. Samkova, J. Koubova, L. Hasonova [et al.] // *Mljekarstvo*. — 2018. — Vol. 68 (2). — P. 98–107. — DOI: 10.15567/mljekarstvo.2018.0203.
14. Miller N. Effect of Stage of Lactation and Parity on Mammary Gland Cell Renewal / N. Miller, L. Delbecchi, D. Petitclerc [et al.] // *J Dairy Sci*. — 2006. — Vol. 89. — P. 4669–77. — DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72517-6.
15. Duchemin S. Genetic Correlation between Composition of Bovine Milk Fat in Winter and Summer, and DGAT1 and SCD1 by Season Interactions / S. Duchemin, H. Bovenhuis, W.M. Stoop [et al.] // *J. Dairy Sci*. — 2012. — Vol. 96. — P. 592–604. — DOI: 10.3168/jds.2012-5454.