

Алексей Владимирович Степанов¹, Ольга Александровна Быкова^{2✉},
Ольга Васильевна Костюнина³

^{1,2,3}Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

¹alexeystepanow@mail.ru

²olbyk75@mail.ru

³kostolan@yandex.ru

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Цель исследования – изучение содержания в молоке коров жирных кислот, трансизомеров ненасыщенных жирных кислот. Задачи: установить концентрацию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (% , г/100) в молоке коров, определить количественное содержание в составе молочного жира трансизомеров жирных кислот (% , г/100), выявить суточную динамику жирнокислотного состава молока. Исследования проведены в АО «Каменское» Свердловской области на племенных коровах с первой по третью лактацию. Изучаемые показатели: количество насыщенных, моновенасыщенных, полиненасыщенных, жирных кислот и их трансизомеров в суточной динамике и по величине углеродной цепи. Полученные данные обработаны биометрически. Установлено изменение жирнокислотного состава молока коров в течение суток. Содержание жирных кислот и их трансизомеров в молоке коров в вечернее время было значительно выше по сравнению с утром. Доля насыщенных жирных кислот в 2,3 раза превышала суммарное количество ненасыщенных жирных кислот, тогда как доли полиненасыщенных жирных кислот и их трансизомеров имели невысокие значения. В общей жировой фракции молока преобладали среднецепочечные жирные кислоты во все периоды суток. По всем группам жирных кислот наибольшая изменчивость отмечена в молоке, полученном во время утреннего доения: колебания коэффициента вариации составили от 55,2 % по среднецепочечным до 84,9 % по короткоцепочечным жирным кислотам. Среди насыщенных жирных кислот отмечено преобладание пальмитиновой и стеариновой. В разрезе суток основное количество жирных кислот и их трансизомеров поступает в молоко коров в вечернее время, что необходимо учитывать при переработке молока в молочные продукты.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молоко, жирные кислоты, трансизомеры жирных кислот

Для цитирования: Степанов А.В., Быкова О.А., Костюнина О.В. Жирнокислотный состав молока коров черно-пестрой породы Уральского региона // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 181–188. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-181-188.

Благодарности: исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, грант 22-26-00196.

Alexey Vladimirovich Stepanov¹, Olga Alexandrovna Bykova^{2✉}, Olga Vasilievna Kostyunina³

^{1,2,3}Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

¹alexeystepanow@mail.ru

²olbyk75@mail.ru

³kostolan@yandex.ru

FATTY ACID COMPOSITION OF BLACK-MOTTLED BREED COWS MILK OF THE URAL REGION

The purpose of research is to study the content of fatty acids, trans-isomers of unsaturated fatty acids in cow's milk. Tasks: to establish the concentration of saturated and unsaturated fatty acids (% , g/100) in cows' milk, to determine the quantitative content of trans-fatty acids in the composition of milk fat (% , g/100), to identify the daily dynamics of the fatty acid composition of milk. The studies were carried out in JSC Kamenskoye of the Sverdlovsk Region on breeding cows from the first to the third lactation. The studied indicators: the amount of saturated, monounsaturated, polyunsaturated, fatty acids and their trans-isomers in daily dynamics and by the size of the carbon chain. The received data was processed biometrically. A change in the fatty acid composition of cows' milk during the day was established. The content of fatty acids and their trans-isomers in the milk of cows in the evening was significantly higher than in the morning. The proportion of saturated fatty acids was 2.3 times higher than the total amount of unsaturated fatty acids, while the proportions of polyunsaturated fatty acids and their trans-isomers were low. The total fat fraction of milk was dominated by medium-chain fatty acids in all periods of the day. For all groups of fatty acids, the greatest variability was noted in milk obtained during morning milking: the variation coefficient fluctuated from 55.2 % for medium-chain fatty acids to 84.9 % for short-chain fatty acids. Among saturated fatty acids, palmitic and stearic acids predominate. In the context of the day, the main amount of fatty acids and their transisomers enters the milk of cows in the evening, which must be taken into account when processing milk into dairy products.

Keywords: cattle, milk, fatty acids, trans fatty acids

For citation: Stepanov A.V., Bykova O.A., Kostyunina O.V. Fatty acid composition of black-mottled breed cows milk of the Ural Region // Bulliten KrasSAU. 2022;(12): 181–188. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-181-188.

Acknowledgments: research has been supported by the Russian Science Foundation, grant 22-26-00196.

Введение. В течение последних лет во всем мире остается актуальной проблема нормирования в продуктах животного происхождения содержания трансизомеров жирных кислот, в то время как в российском законодательстве практически не регламентируется содержание опасных для здоровья трансизомеров ненасыщенных жирных кислот. Современные исследования питания показывают наличие связи между потреблением трансформированных жиров и развитием болезней нарушения метаболизма и других [1–4].

Анализ взаимосвязи возникновения и развития сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения, а также целого ряда заболеваний нервной и иммунной системы с питанием показывает, что наибольшее влияние на этот процесс оказывают потребляемые нами в составе животных жиров трансизомеры ненасыщенных жирных кислот [5, 6].

Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот являются пространственными изомерами природных ненасыщенных жирных кислот, об-

разуются в рубце жвачных животных и попадают в животные жиры, в том числе молочный жир, и далее в продукты переработки молока. Молоко и молочные продукты являются неотъемлемой составляющей рациона человека. С учетом вышесказанного актуальным является определение и нормирование в составе молочного жира соотношения жирных кислот, включая содержание их трансизомеров [7–11].

Цель исследований – изучение содержания в молоке коров жирных кислот, трансизомеров ненасыщенных жирных кислот.

Задачи: установить концентрацию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (% , г/100) в молоке коров, определить количественное содержание в составе молочного жира трансизомеров жирных кислот (% , г/100), выявить суточную динамику жирнокислотного состава молока.

Условия, материалы и методы. Объектом исследования послужило племенное поголовье коров черно-пестрой породы разного возраста (с 1-й по 3-ю лактацию) АО «Каменское» Свердловской области. В исследования были включе-

ны пробы молока, взятые специалистами хозяйства с июня по ноябрь 2022 г. (шесть проб на одно животное). Анализ проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста с помощью мультипараметрического автоматического анализатора молока CombiFoss 7. На основе полученных результатов были рассчитаны средние значения для каждого компонента и составлена экспериментальная база данных следующих показателей: содержание жирных кислот (миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой), насыщенных, мононенасыщенных, полиненасыщенных, короткоцепочечных, среднецепочечных, длинноцепочечных жирных кислот и трансизомеров жирных кислот (ЖК).

Результаты исследования обработаны биометрически по методике Н.А. Плохинского (1970) [12]. Контроль качества полученной информации по среднесуточным наблюдениям для компонентов молочного жира проводили с помощью программы для персонального компьютера MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Химический состав молока крупного рогатого скота не постоянен по химическому составу и изменяется в зависимости от рационов кормления, породы животных, сезона года, времени суток и других факторов. При этом массовая доля жира претерпевает значительные изменения между каждым доением, поэтому представляет интерес и изменение содержания ЖК. Данные по содержанию жирных кислот в течение суток, при распределении по насыщенности водородных связей, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание в молоке ЖК по насыщенности водородных связей, г/100

Показатель	Утро		Вечер		В среднем за сутки	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Cv, %
Насыщенные ЖК	1,655±0,169	72,1	2,156±0,174	57,0	1,905±0,150	55,8
Мононенасыщенные ЖК	0,629±0,058	65,4	0,808±0,061	42,3	0,719±0,050	49,2
Полиненасыщенные ЖК	0,084±0,005	45,9	0,101±0,006	42,3	0,093±0,005	36,8
Трансизомеры ЖК	0,061±0,006	68,4	0,074±0,007	64,7	0,068±0,005	57,3

В среднем за сутки в молоке исследуемых животных отмечено преобладание насыщенных жирных кислот – 1,905 г/100 г (см. табл. 1), что значительно превосходит количество ненасыщенных жирных кислот и их трансизомеров. В вечернем молоке количество насыщенных ЖК было выше, чем в утренний период, на 30,3 %. Молоко коров, полученное в вечернее время, содержало мононенасыщенных и полиненасыщенных ЖК больше, чем утром, на 28,4 и 20,2 %. Уровень трансизомеров ЖК в вечернем молоке был выше утреннего на 21,3 %.

Распределение долей содержания ЖК молока и их изомеров у исследуемого поголовья коров в среднем за сутки представлено на рисунке 1.

Согласно представленным данным, в молоке коров значительно преобладают насыщенные ЖК, их доля составляет 68 %, что в 2,3 раза больше суммарного количества ненасыщенных ЖК. Доли полиненасыщенных ЖК и трансизомеров ЖК были невелики и имели одинаковые значения – 3 %.

Содержание ЖК по длине углеродной цепи в общей жировой фракции молока представлено в таблице 2. Наибольшую долю занимают среднецепочечные ЖК как в разные суточные периоды, так и в среднем за сутки.

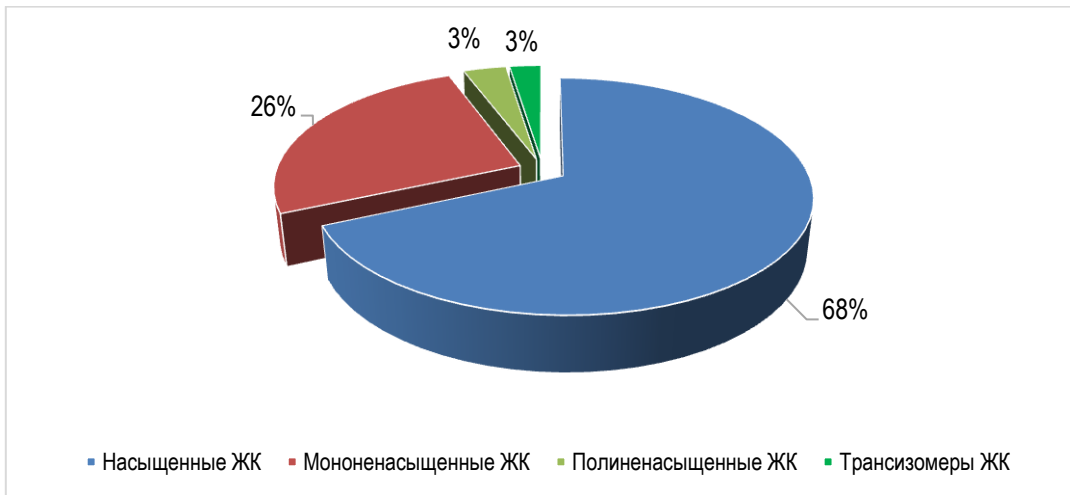


Рис. 1. Соотношение жирных кислот молока по насыщенности водородных связей в среднем за сутки

Таблица 2

Содержание жирных кислот по длине углеродной цепи, г/100 г

Показатель	Утро		Вечер		В среднем за сутки	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %
Длинноцепочечные ЖК	0,698±0,081	82,1	1,009±0,084	58,9	0,854±0,069	56,9
Среднецепочечные ЖК	1,135±0,088	55,2	1,366±0,089	45,6	1,251±0,079	44,5
Короткоцепочечные ЖК	0,300±0,036	84,9	0,404±0,037	64,8	0,352±0,032	64,2

Содержание короткоцепочечных ЖК было наименьшим от общего количества ЖК. Доля жирных кислот с длинной углеродной цепью имела промежуточное значение как в среднем за сутки, так и в разные периоды суток. Для среднецепочечных ЖК установлена самая высокая концентрация относительно общего количества ЖК. Можно также отметить, что по всем представленным группам ЖК наименьшие зна-

чения массовой доли отмечены в молоке, полученном во время утреннего доения, которые возрастают в молоке вечерней дойки для длинноцепочечных в 1,4, для среднецепочечных – в 1,2, для короткоцепочечных – в 1,3 раза.

Распределение доли жирных кислот в молоке исследуемых животных в среднем за сутки представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Соотношение жирных кислот молока по длине углеродной цепи в среднем за сутки

Исходя из результатов исследований, наибольшую долю по среднесуточному содержанию жирных кислот в молоке исследуемых животных занимают жирные кислоты со средней длиной углеродной цепи 50,9 %, практически половину от общего количества жирных кислот. На долю длинноцепочечных и короткоцепочечных кислот приходится 34,8 и 14,3 % соответственно.

Анализ суточной динамики изменения содержания жирных кислот с различной длиной углеродной цепи (рис. 3) показывает, что наибольшее изменение количества кислот наблюдается по группе с длинной углеродной цепью. Так, изменение их концентрации между утренним и вечерним доением составило 44,6 %, т.е.

их количество в течение суток в молоке изменяется практически в 1,5 раза. По остальным группам ЖК также отмечено значительное увеличение количественного содержания в вечернем молоке. Наименее подверженной количественному колебанию оказалась группа короткоцепочечных жирных кислот, их суточная динамика была наименьшей, что составило 20,4 %. Количество кислот с короткой углеродной цепью занимало промежуточное положение, их суточная динамика составила 34,7 %. Таким образом, за период исследования отмечено достаточно высокое изменение количества жирных кислот молока по длине углеродной цепи в течение суток.

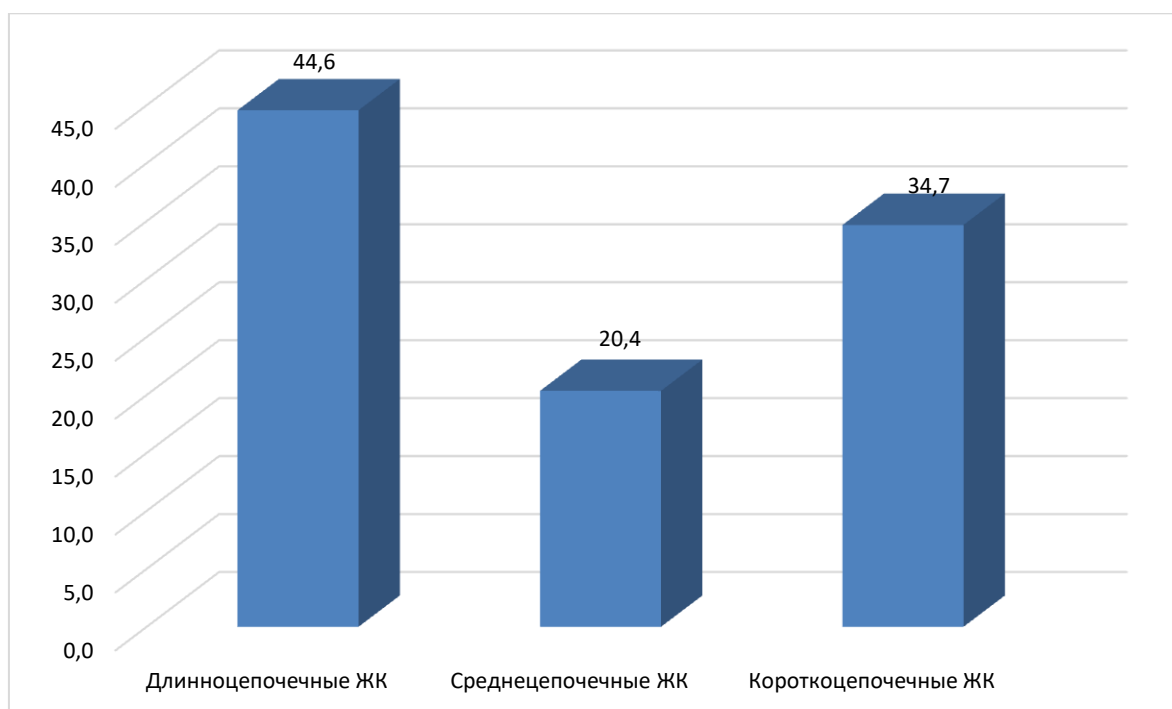


Рис. 3. Изменение количества жирных кислот в зависимости от длины цепи в течение суток, %

Интересным моментом исследований является анализ коэффициента вариации количества ЖК с разной длиной цепи по группе исследуемых животных, характеризующего их индивидуальные особенности. Представленные в таблице 2 значения показывают высокую изменчивость содержания разноцепочечных ЖК как в среднем, так в разные периоды суток. При этом по всем группам ЖК наибольшая изменчивость отмечена в молоке, полученном во время утреннего до-

ения, колебания коэффициента вариации составили от 55,2 % по среднецепочечным ЖК до 84,9 % по короткоцепочечным ЖК. В молоке, полученном в вечернее время, показатели изменчивости этого признака значительно сократились, так, уменьшение коэффициента вариации по кислотам с длинной углеродной цепью составило 23,2, средней – 9,6 и короткой – 20,1 %.

Содержание отдельных жирных кислот в молоке коров представлено в таблице 3.

Содержание отдельных жирных кислот в молоке, %

Показатель	Утро		Вечер		В среднем за сутки	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %
Миристиновая ЖК	0,318±0,022	48,5	0,374±0,025	46,6	0,346±0,020	41,7
Пальмитиновая ЖК	0,765±0,064	59,6	0,898±0,066	52,4	0,831±0,059	50,0
Стеариновая ЖК	0,176±0,020	79,1	0,243±0,020	57,8	0,210±0,017	57,2
Олеиновая ЖК	0,618±0,061	69,6	0,824±0,063	54,1	0,721±0,052	50,9

Согласно полученным данным, следует отметить преобладание пальмитиновой и стеариновой жирных кислот. При рассмотрении суточного изменения отмечена наибольшая динамика количества олеиновой кислоты, так, разница по содержанию в утреннем и вечернем молоке составила 0,206 г/100 г, в то время как по пальмитиновой – 0,133 г/100 г. Наименьшее значение содержания в молоке как в среднем, так и в разные периоды суток отмечено по стеариновой кислоте. Миристиновая кислота по данному показателю занимает промежуточное положение, при этом все же значительно уступая по содержанию пальмитиновой и олеиновой кислотам.

Заключение. Оценка фенотипической изменчивости жирнокислотного состава молока показала значительные изменения концентрации в молоке коров различных ЖК и их трансизомеров в течение суток. Так, максимальные уровни насыщенных и ненасыщенных ЖК с различной длиной углеродной цепи и их трансизомеров установлены в вечернем молоке. Также отмечено преобладание доли насыщенных жирных кислот над ненасыщенными.

Таким образом, в разрезе суток основное количество жирных кислот и их трансизомеров поступает в молоко коров в вечернее время, что необходимо учитывать при переработке молока в молочные продукты.

Список источников

1. Жижин Н.А. Оценка жирнокислотного состава коровьего и козьего молока с точки зрения функционального воздействия на орга-

- низм человека // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1, № 1 (1). С. 181–186. DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-181-186.
2. Усатюк Д.А., Мироненко И.М. Пищевая ценность молочного жира в современных технологиях переработки молока // Биотехнология и общество в XXI веке: сб ст. Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2015. С. 278–281.
3. Гузев Ю.В., Винничук Д.Т. Состав жирных кислот молока разных видов сельскохозяйственных животных // Вестник Сумского национального аграрного университета. 2016. № 5. С. 148–156.
4. Mansson H.L. Fatty acids in bovine milk fat // Food Nutr. Res. 2008. Vol. 52. P. 10.3402. DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1821.
5. Зайцева Л.В., Нечаев А.П. Биохимические аспекты потребления трансизомеров жирных кислот // Вопросы диетологии. 2012. Т. 2, № 4. С. 17–23.
6. Перова Н.В., Метельская В.А., Бойцов С.А. Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот повышают риск болезней системы кровообращения, связанных с атеросклерозом // Терапевтический архив. 2013. Т. 85, № 9. С. 113–117.
7. Лашнева И.А., Сермягин А.А. Влияние наличия трансизомеров жирных кислот в молоке на его состав и продуктивность коров // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 3. С. 46–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10309.

8. Саалиева А.Н. Анализ жирнокислотного состава ячьего молока // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3 (180). С. 154–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-154-161.
9. Показатели продуктивности коров в связи с уровнем трансизомеров жирных кислот в молоке / И.А. Лашнева [и др.] // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения: мат-лы XXV междунар. науч.-практ. конф. г.о. Подольск, пос. Быково: Российская академия менеджмента в животноводстве, 2019. С. 184–191.
10. Vargas-Bello-Perez E., Garnsworthy P.C. Trans fatty acids and their role in the milk of dairy cows // Cien. Inv. Agr. 2013. Vol. 40. № 3. P. 449–473.
11. Impact of the rumen microbiome on milk fatty acid composition of Holstein cattle / B. Buitenhuis [et al.] // Genet. Sel. Evol. 2019. Vol. 51. P. 23. DOI: 10.1186/s12711-019-0464-8.
12. Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
4. Mansson H.L. Fatty acids in bovine milk fat // Food Nutr. Res. 2008. Vol. 52. P. 10.3402. DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1821.
5. Zajceva L.V., Nechaev A.P. Biohimicheskie aspekty potrebleniya transizomerov zhirnyh kislot // Voprosy dietologii. 2012. T. 2, № 4. S. 17–23.
6. Perova N.V., Metel'skaya V.A., Bojcov S.A. Transizomery nenasyschennyh zhirnyh kislot povyshayut risk boleznej sistemy krovoobra-scheniya, svyazannyh s aterosklerozom // Terapevticheskij arhiv. 2013. T. 85, № 9. S. 113–117.
7. Lashneva I.A., Sermyagin A.A. Vliyanie nali-chiya transizomerov zhirnyh kislot v moloke na ego sostav i produktivnost' korov // Dosti-zheniya nauki i tehniki APK. 2020. T. 34, № 3. S. 46–50. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10309.
8. Saaliev A.N. Analiz zhirkislotnogo sostava yach'ego moloka // Vestnik KrasGAU. 2022. № 3 (180). S. 154–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-154-161.

References

1. Zhizhin N.A. Ocenka zhirkislotnogo sostava korov'ego i koz'ego moloka s točki zreniya funkcional'nogo vozdeystviya na organizm cheloveka // Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti, mezhotraslevye tehnologii i sistemy upravleniya kachestvom. 2020. T. 1, № 1 (1). S. 181–186. DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-181-186.
2. Usatyuk D.A., Mironenko I.M. Pischevaya cennost' molochnogo zhira v sovremennyh tehnologiyah pererabotki moloka // Biotehnologiya i obschestvo v XXI veke: sb st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Barnaul: Altajskij gos. un-t, 2015. S. 278–281.
3. Guzeev Yu.V., Vinnichuk D.T. Sostav zhirnyh kislot moloka raznyh vidov sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh // Vestnik Sumskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta. 2016. № 5. S. 148–156.
9. Pokazateli produktivnosti korov v svyazi s urovnem transizomerov zhirnyh kislot v molo-ke / I.A. Lashneva [i dr.] // Povyshenie konkurentosposobnosti zhivotnovodstva i zadachi kadrovogo obespecheniya: mat-ly XXV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. g.o. Podol'sk, pos. Bykovo: Rossijskaya akademiya menedzhmenta v zhivotnovodstve, 2019. S. 184–191.
10. Vargas-Bello-Perez E., Garnsworthy P.C. Trans fatty acids and their role in the milk of dairy cows // Cien. Inv. Agr. 2013. Vol. 40. № 3. P. 449–473.
11. Impact of the rumen microbiome on milk fatty acid composition of Holstein cattle / B. Buitenhuis [et al.] // Genet. Sel. Evol. 2019. Vol. 51. P. 23. DOI: 10.1186/s12711-019-0464-8.
12. Plohinskij N.A. Biometriya. 2-e izd. M.: Izd-vo MGU, 1970. 367 s.

Статья принята к публикации 21.11.2022 / The article accepted for publication 21.11.2022.

Информация об авторах:

Алексей Владимирович Степанов¹, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Александровна Быкова², профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор сельскохозяйственных наук

Ольга Васильевна Костюнина³, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор биологических наук

Information about the authors:

Alexey Vladimirovich Stepanov¹, Associate Professor at the Department of Biotechnology and Food Products, Candidate of Agricultural Sciences

Olga Alexandrovna Bykova², Professor at the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Agricultural Sciences

Olga Vasilievna Kostyunina³, Professor at the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Biological Sciences

