

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА КОРОВЬЕГО МОЛОКА

A.V. Samoylov, E.Yu. Kolpakov,
N.M. Suraeva, A.N. Petrov,
T.K. Volodarskaya, T.A. Goreva

SEASONAL VARIATIONS IN FATTY ACIDS COMPOSITION OF COW'S MILK

Самойлов А.В. – канд. биол. наук, зам. директора по инновациям лаб. качества и безопасности пищевой продукции Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: molgen@vniitek.ru

Колпаков Е.Ю. – ст. науч. сотр. лаб. качества и безопасности пищевой продукции Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: kolpakov-e@yandex.ru

Сураева Н.М. – д-р биол. наук, гл. науч. сотр. лаб. качества и безопасности пищевой продукции Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: nsuraeva@yandex.ru

Петров А.Н. – д-р техн. наук, акад. РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: vniitek@vniitek.ru

Володарская Т.К. – вед. науч. сотр. лаб. качества и безопасности пищевой продукции Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: qdep@mail.ru

Горева Т.Ю. – ст. науч. сотр. лаб. качества и безопасности пищевой продукции Всероссийского научно-исследовательского института технологии консервирования, Московская обл., г. Видное. E-mail: qdep@mail.ru

Samoylov A.V. – Cand. Biol. Sci., Deputy Director on Innovations, Lab. of Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region, Vidnoye. E-mail: molgen@vniitek.ru

Kolpakov E.Yu. – Senior Staff Scientist, Lab. of Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region, Vidnoye. E-mail: kolpakov-e@yandex.ru

Suraeva N. M. – Dr. Biol. Sci., Chief Staff Scientist Lab. of Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region, Vidnoye. E-mail: nsuraeva@yandex.ru

Petrov A.N. – Dr. Techn. Sci., Acad. RAS, Director, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region. Vidnoye. E-mail: vniitek@vniitek.ru

Volodarskaya T.K. – Leading Staff Scientist, Lab. of Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region, Vidnoye. E-mail: qdep@mail.ru

Goreva T.Yu. – Senior Staff Scientist, Lab. of Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research Institute of Technology of Conservation, Moscow Region, Vidnoye. E-mail: qdep@mail.ru

Молоко и молочные продукты составляют значительную долю в рационе человека, при этом молочный жир представляет собой один из важных их компонентов. Биологическая ценность молочного жира связана с наличием незаменимых жирных кислот, фосфолипидов и витаминов. Поэтому пристальное внимание уделяется составу молочного жира и способам его изменения при производстве и потреблении молочных продуктов. Известно,

что сезонные и климатические изменения содержания и кормления коров оказывают существенное влияние на состав жира. За рубежом постоянно проводятся исследования в данном направлении для оценки потребительских качеств производимой продукции в текущий период, а также для прогнозирования ее состава в последующие годы. Поэтому целью нашей работы было изучение характерных сезонных особенностей состава жирных кислот целено-

го пастеризованного питьевого коровьего молока. В работе использовали образцы цельного пастеризованного питьевого коровьего молока с массовой долей жира от 2,8 до 4,5 %. Экстракцию жировой фазы проводили *n*-Гексаном. Метилловые эфиры готовили с использованием 2 М раствора метилата натрия в метаноле. Полученную смесь метиловых эфиров жирных кислот разделяли на газовом хроматографе с использованием селективной колонки длиной 100 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Было выделено и охарактеризовано 16 жирных кислот, составляющих в сумме более 90 % от всех жирных кислот. Наибольшие отличия были зафиксированы в концентрации α -линоленовой кислоты. Ее уровень в летний период повышался почти в два раза по сравнению с зимним. Было обнаружено, что своих максимальных значений зимой достигали коротко- и среднецепочечные, а летом – длинноцепочечные жирные кислоты. Уровень насыщенных жирных кислот незначительно повышался осенью и зимой, мононенасыщенных и полиненасыщенных – летом. Эти результаты хорошо согласуются с зарубежными литературными данными.

Ключевые слова: молоко, жировая фаза, метиловые эфиры, сезонные изменения, газовая хроматография.

*Milk and dairy products have a considerable share in the diet of the people, thus milk fat represents one of their important components. Biological value of milk fat is connected with availability of irreplaceable fatty acids, phospholipids and vitamins. Therefore close attention is paid to the composition of milk fat and the ways of its change by production and consumption of dairy products. It is known that seasonal and climatic changes of keeping and feeding cows have essential impact on fat composition. The researches in this direction in other countries for the assessment of consumer qualities of ready production during the current period, and also for forecasting of its structure in the next years are constantly conducted. Therefore studying characteristic seasonal features of composition of fatty acids of the whole pasteurized drinking cow's milk was the purpose of the study. In the study the samples of the whole pasteurized drinking cow's milk with mass fraction of fat from 2.8 to 4.5 % were used. The extraction of fatty phase was carried out with *n*-Hexane. Methyl air was prepared using 2 M of solution of methylate of*

sodium in methanol. The received mix of methyl ester of fatty acids was divided in gas chromatograph with using of selective column 100 m long and with an internal diameter of 0.25 mm. 16 fatty acids making in the sum more than 90 % from all fatty acids were allocated and characterized. The greatest differences were recorded in the concentration of α -linolenic acid. Its level during summer period increased almost twice in comparison with winter. It was revealed that maximum values in winter reached short- and medium-chain acids, but in summer – long-chain fatty acids. The level of saturated fatty acids increased slightly in autumn and winter, but monounsaturated and polyunsaturated – in summer. These results are in good agreement with foreign resources data.

Keywords: milk, fatty phase, methyl esters, seasonal changes, gas chromatography.

Введение. В настоящее время население проявляет большой интерес к качеству и составу продуктов питания. Молоко и молочные продукты составляют значительную долю в диете, при этом молочный жир представляет собой один из важных его компонентов. По сравнению с жирами животного происхождения он лучше переваривается в организме человека благодаря относительно низкой температуре плавления и мелким жировым мицеллам, находящимся в эмульгированном состоянии. Биологическая ценность молочного жира связана с наличием незаменимых жирных кислот, фосфолипидов и витаминов. Поэтому пристальное внимание уделяется составу молочного жира и способам его изменения при производстве и потреблении молочных продуктов. В сыром молоке состав жира может зависеть от многих факторов, к основным можно отнести сезонные и климатические изменения корма, стадию лактации, породу животных, условия содержания. Известно, что состав молочного жира подвергается значительным сезонным изменениям, особенно если сравнивать летний и зимний период, что связано в основном с введением в кормовой рацион зеленой травы. Содержание стеариновой и олеиновой кислот повышается летом, а миристиновой и пальмитиновой – зимой. Количество биологически важных полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) весной и летом выше, чем осенью и зимой, но одновременно и возрастает уровень окисления этих кислот [1, 2]. Поэтому необходимо иметь информацию о природных антиок-

сидантах молока, таких как каротиноиды и токоферолы, чтобы контролировать биологическую ценность молока (А, D, E).

За рубежом постоянно проводятся исследования по изучению динамики состава молока в разных странах с учетом перечисленных выше факторов. Авторы полагают, что полученная информация не только дает представление о составе производимой продукции, но и позволяет предсказать и оценить роль благоприятных и неблагоприятных изменений, которые могут возникнуть в будущем [3]. Мы не нашли современных отечественных литературных источников, в которых были бы проведены исследования сезонных изменений жирнокислотного состава молока, поставляемого в торговую сеть.

Цель исследования: изучение характерных сезонных особенностей состава жирных кислот цельного пастеризованного питьевого коровьего молока.

Задачи исследования: провести определение массовых долей 16 жирных кислот молочного жира молока в различные сезоны, выявить максимальные и минимальные уровни этих кислот в течение года, сравнить полученные результаты с литературными данными.

Объекты и методы исследования. В работе использовали образцы цельного пастеризованного питьевого коровьего молока с массовой долей жира от 2,8 до 4,5 % из торговой сети Центрального региона РФ. Анализируемую пробу помещали в 50 мл центрифужные пробирки и центрифугировали при 7000 g 15 мин. Отделившуюся жировую фракцию переносили в стакан вместимостью 250 см³, добавляли 150 см³ гексана (ЗАО «Экос» Россия, Москва) и перемешивали блендером 1 мин. Отделившийся гексановый слой с растворенным жиром переносили в круглодонную колбу и отгоняли растворитель. Оставшийся на дне колбы жир использовали для приготовления метиловых эфи-

ров жирных кислот. В 10 мл центрифужную пробирку переносили 0,1 г жира, добавляли 2 см³ гексана и 100 мкл 2 М раствора метилата натрия в метаноле (Acrosorganics, США), смесь встряхивали 30 с и центрифугировали при 7000 G 5 мин. Верхнюю фазу, содержащую метиловые эфиры, переносили в виалу. Полученную смесь метиловых эфиров жирных кислот разделяли с использованием газохроматографической системы «Кристалл 5000 М» с пламенно-ионизационным детектором (ЗАО СКБ «Хроматек», Россия, Йошкар-Ола) на капиллярной кварцевой колонке Agilent CP7420 Select FAME 100 × 0,25 (AgilentTechnologies, США) при следующих условиях: объем вводимой пробы – 1 мм³, разделение потока – 1:10; температура инжектора – 250 °С; температурная программа термостата 140 °С – 5 минут, далее повышение температуры на 4 °С в минуту до 240 °С (длительность анализа – 45 мин); газ-носитель – азот; скорость потока в колонке – 1 см³/мин. Расчет проводили по методу внутренней нормализации.

Результаты исследования и их обсуждение. Сезонная динамика массовых долей 16 жирных кислот молочного жира представлена в таблицах 1, 2. К прочим отнесены жирные кислоты, не входящие в перечень, относительная площадь пиков которых составляла более 0,1%.

Наибольшие отличия были зафиксированы в концентрации α-линоленовой (C18:3n3) жирной кислоты, почти в два раза (176 %) доля этой кислоты была выше в летний период по сравнению с зимним (рис. 1). Эти данные согласуются с аналогичными, представленными зарубежными исследователями, которые полагают, что использование в летний период зеленого корма, когда происходит активный рост травы, способствует накоплению доли полиненасыщенных жирных кислот [2].

Таблица 1

Жирнокислотный состав молока в весенне-летний период

| Наименование жирной кислоты | Период | | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------|-------------|------------------------|
| | Весна (**n=22) | | Лето (n=13) | |
| | Диапазон | ***X ± SD при P = 0,95 | Диапазон | X ± SD при P = 0,95 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C4:0 | 2,41–3,78 | 2,84±0,32 | 2,43–3,57 | 2,75±0,31 |
| C6:0 | 1,45–2,14 | 1,86±0,19 | 1,46–1,92 | 1,70±0,13 |

Окончание табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|-------------|------------|-------------|------------|
| C8:0 | 0,97–1,32 | 1,16±0,09 | 0,93–1,15 | 1,05±0,08 |
| C10:0 | 2,22–3,23 | 2,65±0,30 | 2,05–2,85 | 2,32±0,24 |
| C10:1 | 0,22–0,30 | 0,26±0,02 | 0,21–0,35 | 0,24±0,04 |
| C12:0 | 2,50–3,50 | 3,02±0,26 | 2,36–3,53 | 2,71±0,31 |
| C14:0 | 9,13–10,84 | 10,13±0,56 | 8,59–11,86 | 9,53±0,87 |
| C14:1 | 0,72–1,01 | 0,84±0,09 | 0,63–1,10 | 0,75±0,11 |
| C16:0 | 25,36–33,43 | 28,33±1,85 | 24,14–31,54 | 26,99±1,85 |
| C16:1 | 1,50–1,96 | 1,74±0,15 | 1,50–2,00 | 1,73±0,16 |
| C18:0 | 9,18–13,01 | 10,94±1,18 | 8,81–13,50 | 11,82±1,28 |
| C18:1* | 22,69–28,19 | 26,74±1,47 | 23,27–31,07 | 28,32±1,87 |
| C18:2* | 2,48–4,34 | 3,39±0,55 | 2,50–4,73 | 3,53±0,66 |
| C18:3n3 | 0,29–0,78 | 0,43±0,14 | 0,48–1,05 | 0,74±0,20 |
| C20:0 | 0,10–0,28 | 0,19±0,04 | 0,16–0,23 | 0,20±0,08 |
| C22:0 | 0,00–0,11 | 0,06±0,03 | 0,00–0,13 | 0,06±0,02 |
| Прочие | 4,29–7,13 | 5,49±0,60 | 4,93–6,11 | 5,54±0,36 |

Здесь и далее: *расчет произведен по сумме изомеров; **n – число результатов определений; ***X ± SD – средние значения ± стандартное отклонение (для n результатов определений).

Таблица 2

Жирнокислотный состав молока в осенне-зимний период

| Наименование жирной кислоты | Период | | | |
|-----------------------------|--------------|------------------------|-------------|------------------------|
| | Осень (n=19) | | Зима (n=17) | |
| | Диапазон | X ± SD при P = 0,95 | Диапазон | X ± SD при P = 0,95 |
| C4:0 | 2,41–3,43 | 2,80±0,25 | 2,43–3,50 | 2,93±0,34 |
| C6:0 | 1,57–2,10 | 1,84±0,14 | 1,61–2,36 | 1,96±0,22 |
| C8:0 | 0,95–1,34 | 1,14±0,10 | 1,05–1,45 | 1,12±0,11 |
| C10:0 | 2,24–3,07 | 2,63±0,26 | 2,15–3,15 | 2,67±0,30 |
| C10:1 | 0,25–0,37 | 0,29±0,03 | 0,20–0,33 | 0,27±0,04 |
| C12:0 | 2,64–3,82 | 3,15±0,36 | 2,24–3,69 | 3,09±0,38 |
| C14:0 | 9,61–11,80 | 10,60±0,65 | 8,54–11,50 | 10,20±0,79 |
| C14:1 | 0,75–1,22 | 0,99±0,13 | 0,73–1,00 | 0,88±0,09 |
| C16:0 | 27,08–32,98 | 30,66±2,17 | 26,01–0,54 | 28,48±1,59 |
| C16:1 | 1,47–2,04 | 1,77±0,17 | 1,46–2,05 | 1,75±0,13 |
| C18:0 | 8,47–11,63 | 9,91±1,08 | 9,46–12,88 | 10,64±0,89 |
| C18:1* | 21,79–29,54 | 25,36±2,29 | 23,02–30,36 | 26,63±1,95 |
| C18:2* | 2,14–3,67 | 3,04±0,46 | 2,59–3,86 | 3,30±0,42 |
| C18:3n3 | 0,33–0,64 | 0,45±0,08 | 0,28–0,59 | 0,42±0,09 |
| C20:0 | 0,13–0,22 | 0,18±0,03 | 0,10–0,22 | 0,17±0,03 |
| C22:0 | 0,00–0,10 | 0,06±0,02 | 0,03–0,09 | 0,06±0,02 |
| Прочие | 4,19–5,91 | 5,16±0,41 | 4,74–5,94 | 5,36±0,33 |

Эта кислота относится к омега-3 жирным кислотам, она не синтезируется в организме человека, а значит, является незаменимой для его роста, развития и сохранения здоровья человека. Ее роль для здоровья человека и животных трудно переоценить, поэтому за рубе-

жом, особенно в странах с коротким летом, предпринимаются специальные меры для повышения ее уровня, например, введение в корм скота продуктов переработки рыбы или рыбьего жира [4].

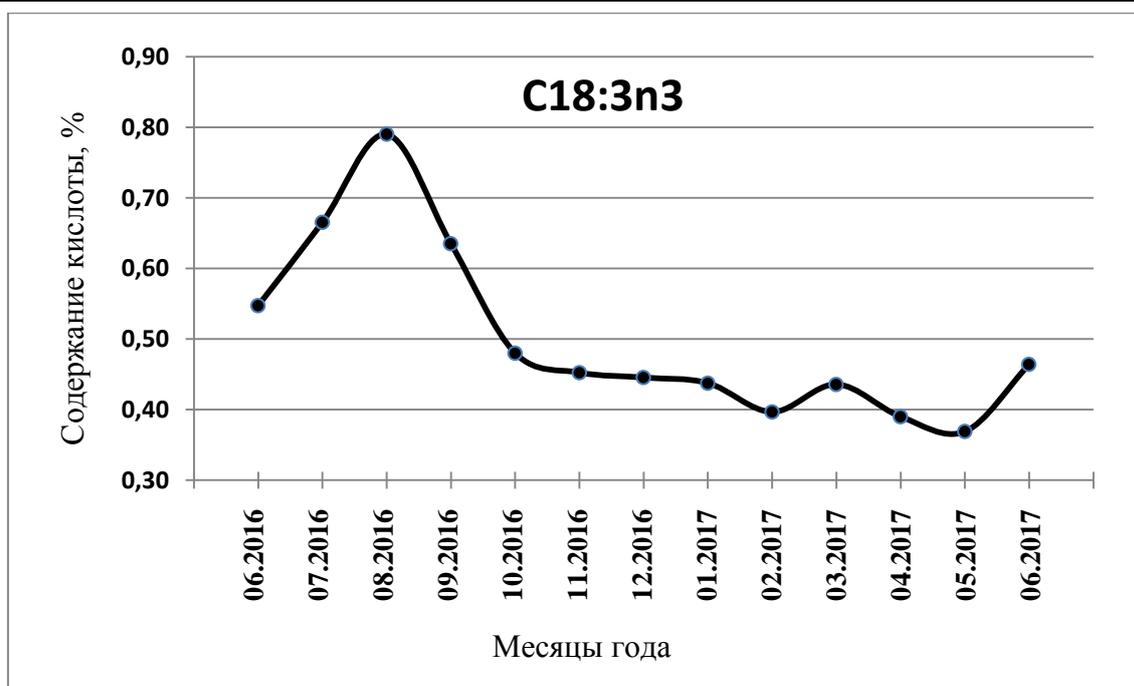


Рис. 1. Сезонные изменения содержания α-линоленовой кислоты

При измерении еще одной полиненасыщенной жирной кислоты – линолевой, которая также является незаменимой, нами было выявлено незначительное увеличение ее синтеза также в летний период (рис. 2). Необходимо отметить,

что похожие процессы были отмечены и в отношении наиболее биологически активного изомера этой кислоты – конъюгированной линолевой жирной кислоты [3].

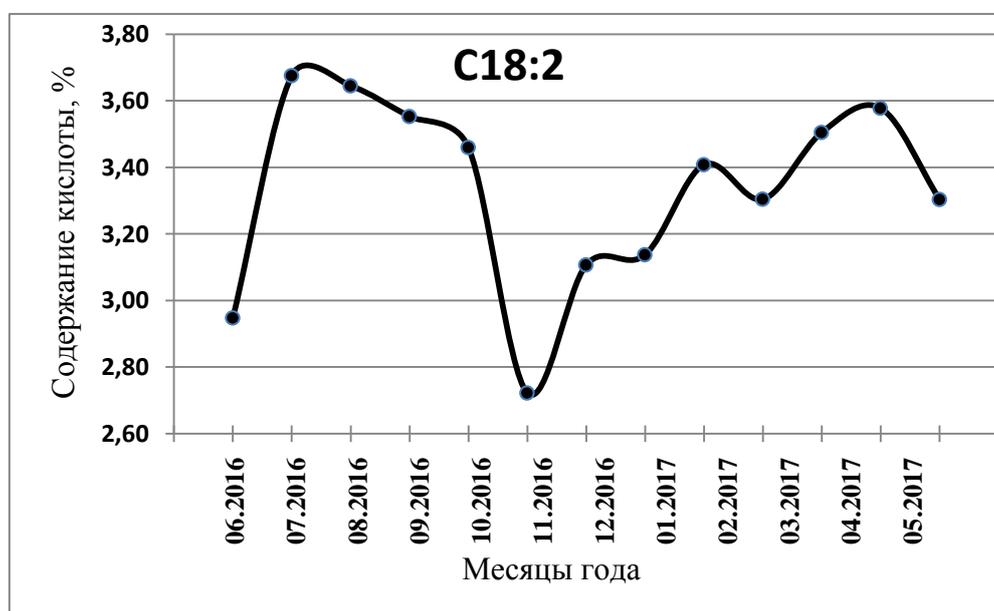


Рис. 2. Сезонные изменения содержания линолевой кислоты

При анализе сезонных изменений обычно выделяют группы жирных кислот, доли которых достигают наибольших и наименьших значений в указанные сезоны. С точки зрения длины уг-

леродной цепи в наших исследованиях своих максимальных значений зимой достигали коротко- и среднецепочечные, а летом – длинноцепочечные жирные кислоты. Эти результаты хоро-

шо согласуются с литературными данными [1, 3]. Если выделить группы по степени насыщенности атомами водорода углеродной цепи, то уровень насыщенных (C4:0 – C22:0) жирных кислот незначительно повышается осенью и зимой, мононенасыщенных (C10:1 – C18:1) и полиненасыщенных (C18:2 и C 18:3) – летом.

Нами были проанализированы 10 насыщенных кислот, которые практически в полном объеме отражали состав насыщенных триглицеридов молочного жира, их доля составила весной, летом, осенью и зимой 60,9; 58,9; 62,9 и 61,1 % соответственно. Количество насыщенного жира является очень важным показателем, так как его несбалансированное потребление сопряжено с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний [5]. По сравнению с зарубежными данными, согласно которым доля этих кислот возрастает со временем, в отечественном молоке объем указанных кислот был почти на 10 % меньше как в весенне-летний, так и осенне-зимний период, что может свидетельствовать о его более высокой биологической ценности [2].

Заключение. Были обнаружены значительные сезонные изменения в жирнокислотном составе отечественного коровьего молока. Наиболее разительные колебания были зафиксированы в уровне полиненасыщенных жирных кислот, что, очевидно, связано с введением зеленого корма.

В отечественном молоке доля насыщенных жирных кислот на 10 % ниже по сравнению с зарубежными данными. Полагаем, что постоянный ежегодный мониторинг жирнокислотного состава отечественного коровьего молока позволил бы осуществить более детальный контроль его качества и биологической ценности.

Литература

1. Богатова О.В., Догарева Н.Г. Химия и физика молока: учеб. пособие. – Оренбург: Изд-во ОГУ. – 2004. – С. 137.

2. Heck J. M.L., van Valenberg H.J.F., Dijkstra J. and van Hooijdonk A.C.M. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 4745–4755.
3. Larsen M.K., Nielsen J. H., Butler G. et al. Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation // J. Dairy Sci. – 2010 – Vol. 93 – P 2863–2873.
4. Thorsdottir I., Hill J. and Ramel A. Seasonal Variation in cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid Content in Milk Fat from Nordic Countries // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 2800–2802.
5. Петрова Н.В., Метельская В.А., Соколов Е.И. и др. Пищевые жирные кислоты. Влияние на риск болезней системы кровообращения // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2011. – Т. 7. – № 5. – С. 620–627.

Literatura

1. Bogatova O.V., Dogareva N.G. Himija i fizika moloka: ucheb. posobie. – Orenburg: Izd-vo OGU. – 2004. – S.137.
2. Heck J.M.L., van Valenberg H.J.F., Dijkstra J. and van Hooijdonk A.C.M. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 4745–4755.
3. Larsen M.K., Nielsen J. H., Butler G. et al. Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation // J. Dairy Sci. – 2010. – Vol. 93. – P. 2863–2873.
4. Thorsdottir I., Hill J. and Ramel A. Seasonal Variation in cis-9, trans-11 Conjugated Linoleic Acid Content in Milk Fat from Nordic Countries // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 2800. – 2802.
5. Petrova N.V., Metel'skaja V.A., Sokolov E.I. i dr. Pishhevye zhirnye kisloty. Vlijanie na risk boleznej sistemy krovoobrashhenija // Racional'naja farmakoterapija v kardiologii. – 2011. – Т. 7 – № 5. – С. 620–627.