Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-164-168 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.16 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Применение метода «быстрой» газовой хроматографии для регулярного анализа жирных кислот в молоке и молочных продуктах

Николай А. Жижин [1] zhizhinmoloko@mail.ru 0000-0002-6690-0488
1 ВНИИ молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия

Аннотация. В работе приведен один из подходов идентификации жирных кислот с помощью газовой хроматографии, который значительно сокращает время анализа, при этом является таким же эффективным при сравнении с традиционным методом исследования жирнокислотного состава. Определение состава жирных кислот на сегодняшний день является гарантом качества при выявлении различных конформаций и модификаций молочного жира, биоактивных свойств отдельных кислот семейства омега-3 и омега-6 и т.д. При этом этот метод является времязатратным, поэтому целью данной работы является оптимизация параметров этой методики для быстрого и регулярного анализа жирнокислотного состава, в лабораториях и на молочных предприятиях. Анализ жирнокислотного состава проводился с применением двух колонок с различными стационарными фазами. Сравнительная оценка аналитических характеристик была проведена на двух капиллярных хроматографических колонках: SP-2560 100×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP (традиционная) и газохроматографическая колонка BPX-70: стационарная фаза 70% цианопропилфенил диметилполисилоксан, 10м×0,1м×0,20 мкм. Детектирование проводилось с применением пламенно-ионизационного детектора. В качестве стандарта использовали смесь метиловых эфиров жирных кислот Supelco® 37 FAME Mix и аналитического стандарта метилдеканоата Sigma-Aldrich. Для обработки данных использовалось программное обеспечение «NetChrom», расчет состава метиловых эфиров жирных кислот проводили методом внутренней нормализации. Время анализа первой колонки составило 49,07 минут, для второй 8,44 соответственно. Применение колонки с неподвижной фазой цианопропилфенил диметилполисилоксан, позволило значительно сократить время анализа, при элюировании сложного состава жирных кислот. Исследования проводились с применением современных аналитических методик и арбитражных методов анализа в лаборатории технохимического контроля ФГАНУ «Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности». Данный адаптированный метод анализа будет интересен специалистам в сфере лабораторных исследований и перерабатывающим предприятиям.

Ключевые слова: молоко, молочные продукты, газовая хроматография, жирнокислотный состав, омега-3, омега-6

Application of the “fast” gas chromatography method for regular analysis of fatty acids in milk and dairy products

Nikolay A. Zhizhin [1] zhizhinmoloko@mail.ru 0000-0002-6690-0488
1 All-Russian Research Institute of Dairy Industry, lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia

Abstract. The paper presents one of the approaches for identifying fatty acids using gas chromatography, which significantly reduces the analysis time, and is equally effective when compared with the traditional method of studying the fatty acid composition. The determination of the composition of fatty acids today is a guarantee of quality in identifying various conformations and modifications of milk fat, the bioactive properties of individual acids of the omega-3 and omega-6 families, etc. Moreover, this method is time-consuming, therefore, the goal of this work is to optimize the parameters of this methodology for quick and regular analysis of fatty acid composition in laboratories and dairy enterprises. The analysis of the fatty acid composition was carried out using two columns with different stationary phases. A comparative evaluation of the analytical characteristics was carried out on two capillary chromatographic columns: SP-2560 100 × 0.25 mm ID, 0.2 μm with a stationary phase FFAP (traditional) and a gas chromatographic column BPX-70: stationary phase 70% cyanopropylphenyl dimethylpolysiloxane, 10 m × 0.1 m × 0.20 μm. Detection was carried out using a flame ionization detector. A mixture of Supelco® 37 FAME Mix fatty acid methyl esters and Sigma-Aldrich methyl decanoate analytical standard was used as the standard. For data processing, the NetChrom software was used, the composition of fatty acid methyl esters was calculated by the internal normalization method. The analysis time of the first column was 49.07 minutes, for the second 8.44, respectively. The use of a stationary phase column of cyanopropylphenyl dimethylpolysiloxane significantly reduced the analysis time when eluting a complex composition of fatty acids. The studies were carried out using modern analytical techniques and arbitration methods of analysis in the laboratory of technochemical control of the All-Russian Scientific Research Institute of the Dairy Industry. This adapted analysis method will be of interest to specialists in the field of laboratory research and processing enterprises.

Keywords: milk, dairy products, gas chromatography, fatty acid composition, omega-3, omega-6

Введение

Состав жирных кислот молочного жира широко изучается из-за его важности в питании и здоровье человека [2, 4]. На сегодняшний день в молочных продуктах выявлено более 400 различных жирных кислот: от 4 до 26 атомов углерода, разветвленных и нет, насыщенных и ненасыщенных (до шести двойных связей), конъюгированных и с большим количеством позиционных и геометрических изомерных характеристик [3, 6]. Газовая хроматография, объединенная с длинными высокополярными капиллярными колонками, является наиболее подходящей методикой для анализа этой сложной композиции. В частности, цианопропилсилоксановые стационарные фазы являются наиболее эффективными капиллярными колонками для разрешения критического разделения цис- и транс-, а также конъюгированных изомеров [7]. Этот хорошо разработанный аналитический подход имеет недостаток в трудоемкости, требующий более 60 минут времени анализа для каждого образца, и этот фактор становится особенно важным, когда требуется регулярный анализ, и необходим быстрый ответ.

Для цитирования
Жижин Н.А. Применение метода «быстрой» газовой хроматографии для регулярного анализа жирных кислот в молоке и молочных продуктах // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 164-168. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-164-168

For citation
Zhizhin N.A. Application of the “fast” gas chromatography method for regular analysis of fatty acids in milk and dairy products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 164–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-164-168

© 2020, Жижин Н.А. / Zhizhin N.A.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Технологические инновации за последние годы, для ускорения времени анализа в ГХ, привели к эволюции аналитических приборов, которые поддерживают быстрые скорости потока, темпы программирования температуры, чувствительные системы обнаружения высокое давление на входе [5, 9]. Кроме того, введение капиллярных колонок нового поколения дало преимущество для сохранения эффективности разделения пиков, увеличивая интерес к исследованию разделения жирных кислот быстрой ГХ в сложных биологических матрицах [10], таких как молоко, и на их аналитические характеристики при оптимизации метода по сравнению с обычными колонками [4, 8]. Поскольку основной целью быстрой ГХ является достижение желаемого разрешения соединений в кратчайшие сроки, особое внимание следует обратить на оптимизацию условий хроматографирования. Поэтому целью настоящего исследования было установить конкретный, точный, экономящий время и надежный метод ГХ для определения метиловых эфиров жирных кислот в молоке и молочных продуктах, которые считаются наиболее сложными пищевыми жирами из-за широкого разнообразия в природе жирных кислот.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был использован образец масла 82,5% жирности. Разделение и идентификацию жировой фазы осуществляли с применением метода газовой хроматографии с использованием хроматографа «Кристаллюкс 4000М», снабженного пламенно-ионизационным детектором и кварцевой капиллярной колонкой SP – 2560 100 м×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP. Для проведения разделения методом «быстрой» ГХ использована колонка BPX-70 (10 м×0,1 мм×0,20 мкм). В качестве идентификационной смеси использовали стандарт Supelco ® 37 FAME Mix. А также отдельный стандарт метилдеканоата ($C_{11:0}$) Sigma-Aldrich. Для колонки SP – 2560 использовались следующие параметры хроматографического разделения: в качестве газа носителя использовали азот; температура T_1 колонки 140 ºС (выдержка 5 мин), T_2 240 ºС со скоростью 4г/мин; температура температура испарителя 230 ºС, детектора 260 ºС; объем вводимой пробы – 1 мкл. Для проведения быстрой ГХ эмпирическим путем были установлены следующие оптимальные параметры хроматографирования: температура T_1 колонки 100º С, T_2 240 ºС со скоростью 20 г/мин; температура испарителя 230 ºС, детектора 260 ºС; объем вводимой пробы – 0,3 мкл.

Для управления режимами анализа, записи хроматограмм и обработки полученной информации использовалось программное обеспечение «NetChrom» .

Расчет состава метиловых эфиров жирных кислот проводили методом внутренней нормализации [1]. За окончательный результат измерений принимали среднее арифметическое значение результатов двух последовательных измерений.

Результаты и обсуждение

Для проверки метода быстрой хроматографии жирных кислот молочного жира были проведены эксперименты по валидации аналитических параметров обеих колонок. При проведении эксперимента точность метода была подтверждена путем внутридневной и ежедневной повторяемости измерений образца молочного жира (таблицы 1, 2). Как видно из таблиц 1 и 2 внутридневная повторяемость времени удержания компонентов двух капиллярных колонок находится на низком уровне в пределах 0,2%. Изучена сопоставимость количественных данных измерения жирнокислотного состава обеих колонок с оценкой внутридневной и ежедневной повторяемости. Согласно приведенным в таблицах данным погрешность измерений между двумя колонками составила не более 2,5%.

Таблица 1

Внутридневные и ежедневные значения повторяемости (RSD%), полученные на 10 метровой колонке BPX 70

Table 1.

Intra-day and inter-day repeatability values obtained on the 10-meter BPX-70 column

Жирные кислоты Fatty acids		Время удержания Retention time		Внутридневная повторяемость Intra-day repeatability		Ежедневная повторяемость Inter-day repeatability	
		Мин Min	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%
1	2	3	4	5	6	7	8
Масляная (C4:0)	Butyric	0,88	0,09	2,7843	1,66	2,7698	2,04
Капроновая (C6:0)	Kapron	1,15	0,11	2,0769	0,66	2,0661	0,93
Каприловая (C8:0)	Caprylic	1,65	0,07	1,3115	1,43	1,3047	1,7
Каприновая (C10:0)	Capric	2,34	0,10	3,0825	1,45	3,0665	2,07
Деценовая (C11:0)	Detinova	2,60	0,16	0,3246	1,43	0,3229	2,20
Лауриловая (C12:0)	Lauric	3,15	0,16	3,7102	6,41	3,6908	9,91
Миристиновая (C14:0)	Myristic	3,98	0,15	11,5970	1,66	11,5366	1,93
Пальмитиновая (C16:0)	Palmitic	4,78	0,15	32,0623	9,61	31,7642	14,74
Пальмитолеиновая (C16:1)	Palmitoleic	4,94	0,16	2,0592	2,27	1,9627	2,62

Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Маргариновая (C17:0)	Pentadecane	5,14	0,15	0,6432	1,92	0,6398	2,65
Маргариновая цис-10 (C17:1)	Pentadecane	5,30	0,15	0,3937	9,36	0,3916	11,96
Стеариновая (C18:0)	Stearic	5,50	0,16	9,3660	1,36	9,3172	2,41
Элаидиновая (C18:1 транс-)	Elaidin	5,61	0,15	2,0080	13,02	1,9976	17,73
Олеиновая (C18:1 цис-)	Oleic	5,66	0,15	21,2766	3,19	21,9036	3,88
Линолэлаидиновая (C18:2 транс)	Linolenova	5,81	0,15	0,1850	3,82	0,1840	4,51
Линолевая (C18:2 цис-)	Linoleic	5,89	0,14	2,2103	12,25	2,1988	13,64
Гамма-линолевая (C18:3n6)	Gamma-linoleic	6,05	0,13	0,0450	6,63	0,0448	7,43
Арахиновая (C20:0)	Arachin	6,17	0,14	0,5820	13,50	0,5789	15,27
Эйкозеновая цис-11 (Гондоиновая) (C20:1)	Eicosene	6,24	0,14	0,5334	6,53	0,5307	8,71
Линоленовая (C18:3n3)	Linolenic	6,49	0,13	0,0416	7,32	0,0414	10,41
Генэйкозановая (C21:0)	Hanakotoba	6,56	0,13	0,0151	2,22	0,0150	3,15
Эйкозадиеновая (C20:2)	Eykozadienovaya	6,71	0,11	0,0663	2,93	0,0660	4,09
Бегеновая (C22;00)	Begenova	6,82	0,13	0,1649	3,15	0,1640	7,25
Эйкозатетраеновая цис – 8, 11, 14(C20:3n6)	Eicosatetraenoate	6,96	0,14	0,0200	4,42	0,0199	4,86
Эруковая (C22:1)	Erucic	7,09	0,14	0,0651	9,09	0,0648	9,76
Эйкозатетраеновая цис – 11, 14, 17(C20:3n3)	Eicosatetraenoate	7,21	0,10	0,0115	5,92	0,0114	6,69
Арахидоновая (C20:4n6)	Arachidonic	7,37	0,08	0,0057	11,16	0,0057	12,63

Таблица 2.

Внутридневные и ежедневные значения повторяемости (RSD%), полученные на 100 метровой колонке SP 2560

Table 2.

Intra-day and inter-day repeatability values (RSD%) obtained on the 100-meter SP-2560 column

Жирные кислоты Fatty acids		Время удержания Retention time		Внутридневная повторяемость Intra-day repeatability		Ежедневная повторяемость Inter-day repeatability	
		Мин Min	RSD%	W% ЖК W% FA	RSD%	Мин Min	RSD%
Масляная (C4:0)	Butyric	9,54	0,08	2,7968	1,53	2,8328	1,97
Капроновая (C6:0)	Kapron	10,15	0,13	2,0862	0,65	2,1131	0,24
Каприловая (C8:0)	Caprylic	11,25	0,07	1,3174	1,39	1,3343	1,98
Каприновая (C10:0)	Capric	13,10	0,09	3,0963	1,58	3,1362	2,30
Деценовая (C11:0)	Detinova	14,19	0,15	0,3261	1,46	0,3303	2,51
Лауриловая (C12:0)	Lauric	15,88	0,15	3,7268	6,24	3,7747	8,48
Тридекановая (C13:0)	Myristic	18,55	0,16	0,1329	0,99	0,1347	1,05
Миристиновая (C14:0)	Palmitic	19,41	0,14	11,6489	1,73	11,7988	1,35
Миристолеиновая (C14:1)	Palmitoleic	20,93	0,13	1,3513	1,28	1,3687	1,78
Пентадекановая (C15:0)	Pentadecane	21,38	0,18	1,2802	6,18	1,2967	10,75
Пертадекановая-цис	Pentadecane	22,41	0,17	0,2893	0,99	0,2930	0,62
Пальмитиновая(C16:0)	Stearic	23,40	0,15	32,0735	9,75	31,9065	12,79
Пальмитолеиновая(C16:1)	Elaidin	24,51	0,13	1,9818	2,82	2,0073	2,44
Маргариновая(C17:0)	Oleic	25,35	0,15	0,6460	1,96	0,6543	2,14
Маргариновая цис-10(C17:1)	Linolenova	26,36	0,17	0,3954	9,57	0,4005	11,77
Стеариновая(C18:0)	Linoleic	27,39	0,15	9,4080	1,08	9,5290	1,93
Элаидиновая(C18:1 транс)	Gamma-linoleic	28,02	0,15	2,0170	15,45	2,0430	17,83
Олеиновая(C18:1 цис)	Arachin	28,21	0,16	21,3092	3,64	20,8764	3,04
Линолэлаидиновая(C18:2 транс)	Eicosene	28,78	0,15	0,1858	3,89	0,1882	4,66
Линолевая(C18:2 цис)	Linolenic	29,66	0,12	2,0541	12,06	2,0805	13,13
Гамма-линолевая(C18:3n6)	Hanakotoba	29,95	0,13	0,0452	6,41	0,0458	7,74
Арахиновая(C20:0)	Eykozadienovaya	30,79	0,14	0,5846	13,96	0,5921	15,60
Эйкозеновая цис-11 (Гондоиновая)(C20:1)	Begenova	31,05	0,16	0,5358	6,51	0,5427	8,49
Линоленовая(C18:3n3)	Eicosatetraenoate	31,49	0,12	0,0418	7,93	0,0423	9,29
Генэйкозановая(C21:0)	Erucic	31,80	0,11	0,0152	2,91	0,0153	3,01
Эйкозадиеновая(C20:2)	Eicosatetraenoate	32,24	0,13	0,0666	2,39	0,0675	4,35
Бегеновая (C22;00)	Arachidonic	32,67	0,10	0,1656	5,66	0,1677	7,66
Эйкозатетраеновая цис – 8, 11, 14(C20:3n6)	Butyric acid	32,90	0,12	0,0201	4,42	0,0203	4,14
Эруковая (C22:1)	Kapron	33,25	0,13	0,0654	9,26	0,0662	9,91
Эйкозатетраеновая цис – 11, 14, 17(C20:3n3)	Caprylic	33,53	0,10	0,0116	5,45	0,0117	6,94
Арахидоновая (C20:4n6)	Capric	33,69	0,06	0,0058	11,84	0,0058	12,27

Дополнительно, близость значений двух хроматографических подходов, оценивали путем внесения различных концентраций деценовой кислоты ($C_{11:0}$). Процент восстановления (Recovery, %), приведенный в таблице 3, показал, что показатели точности колонок BPX-70 и SP-2560 практически совпадают. Фактический процент среднего восстановления на BPX-70 составил 100,05%, а на SP-2560 100,22%.

Таблица 3.

Точность восстановления (Recovery, %) метилдеканоата ($C_{11:0}$) в масла (n = 5) на колонках BPX 70 и SP 2560

Table 3.

Recovery accuracy (Recovery, %) of citronellic acid ($C_{11:0}$) in oil (n = 5) on the BPX-70 and SP-2560 columns

Внесенная концентрация, мг/мл Spiked Concentration, mg/ml	BPX-70		SP-2560	
	Измеренная концентрация, мг/мл Measured Concentration, mg/ml	Recovery, %	Измеренная концентрация, мг/мл Measured Concentration, mg/ml	Recovery, %
0.50	0,51	102,21	0,49	96,08
0.75	0,73	97,09	0,74	101,34
1.00	1,01	100,93	1,03	103,00
1.25	1,25	100,00	1,25	100,00
1.50	1,50	100,00	1,51	100,67
Average recovery, %		100,05	Average recovery, %	100,22

Проведены исследования показателей линейности детектора, рассчитанного на 9 возрастающих концентрациях $C_{11:0}$, показатель BPX-70 составил R_2 = 0,9998, тогда как на SP-2560 данный показатель был равен R_2 0,9874. приведенный в таблице 1.

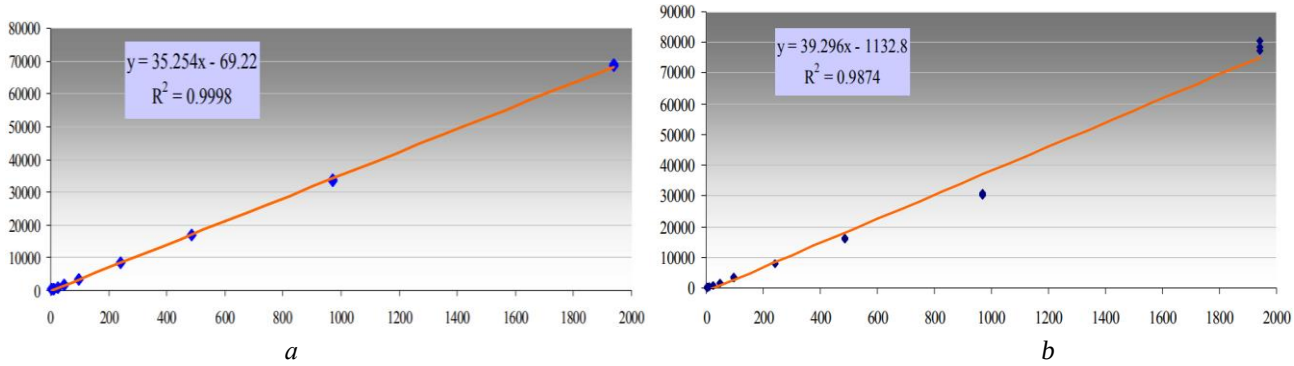

Рисунок 1. Показатели линейности детектора для колонок: *a* – BPX-70; *b* – SP-2560

Figure1. The linearity of the detector for the speakers: *a* – BPX 70; *b* – SP 2560

Значения нижних пределов обнаружения (LOD) и количественного определения (LOQ) также указывают на аналогичные характеристики. Полученные данные по колонке BPX-70 составили 0,19 и 0,63 мг/кг, а для SP-2560 0,18 и 0,60 мг/кг соответственно.

Заключение

В данном исследовании были испытаны две колонки для анализа жирнокислотного состава молока и молочной продукции. Традиционная колонка SP –2560 100 м×0,25 мм ID, 0,2 мкм с неподвижной фазой FFAP и колонка для проведения быстрого газохроматографического анализа стационарная фаза 70% цианопропилфенил диметилполисилоксан) BPX-70 (10 м× 0,1 мм×0,20 мкм). Для каждой капиллярной колонки было изучено влияние программирования температуры и подобран оптимальный режим хроматографирования, а также качественная и количественная оценка разработанного аналитического метода. Порядок элюирования жирных кислот характерен для данных видов колонок. Время анализа сложного состава ЖК составило 49,07 мин для колонки SP-2560, и 8,44 минуты для колонки BPX-70 соответственно. В целом капиллярная колонка BPX-70 показала отличные аналитические характеристики при оптимизации и валидации метода быстрой ГХ и может быть эффективно использована для регулярного анализа жирнокислотного состава жировой фазы молока и молочных продуктов, в том числе и в условиях лабораторий и предприятий по переработке молока.

Литература

1 ГОСТ 32915–2014. Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2015. 9 с.

2 Жижин Н.А. Разработка новых подходов к определению жирно-кислотного состава молока и молочных продуктов с применение метода газовой хроматографии // Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук российской академии наук. 2016. № 1. С. 94–98.

3 Юрова Е.А. Фальсификация жировой фазы молочных продуктов // Методики выявления животных жиров. Молочная промышленность. 2017. № 3. С. 20–22.

4 Bondia-Pons I., Castellote A.I., L´opez-Sabater M.C. Comparison of conventional and fast gas chromatography in human plasma fatty acid determination // Journal of Chromatography B. 2004. V. 809. P. 339–344.

5 Delmonte P., Kia A.R.F., Kramer J.K., Mossoba M.M. et al. Separtion characteristics of fatty acid methyl ester using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column // Journal of Chromatography A. 2011. V. 1218. № 3. P. 545–554.

6 Jensen R G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000 // Journal of Dairy Science. 2002. V. 85. № 2. P. 295–350.

7 Molkentin J. Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk // Nahrung. 1999. V. 43. № 3. P. 185–189.

8 Mondello L., Casilli A., Quinto Tranchida P., Costa R. et al. Evaluation of fast gas chromatography and gas chromatography–mass spectrometry in the analysis of lipids // Journal of Chromatography A. 2004. V. 1035. P. 237–247.

9 Korytár P., Janssen H.G., Matisová E., Udo A.T. Practical fast gas chromatography: methods, instrumentation and applications // Trends in Analytical Chemistry. 2002. V. 21. № 9-10. P. 558–572.

10 Matisová E., Dömötörová M. Fast gas chromatography and its use in trace analysis // Journal of Chromatography A. 2003. V. 1000. P. 199–221.

References

1 State Standard 32915–2014. Milk and dairy products. Determination of the fatty acid composition of the fat phase by gas chromatography. Moscow, Standartinform, 2015, 9 p. (in Russian).

2 Zhizhin N.A. Development of new approaches to determining the fatty acid composition of milk and dairy products using the gas chromatography method. International scientific and practical conference of young scientists and specialists of the Department of agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. 2016. no. 1. pp. 94–98. (in Russian).

3 Yurova E.A. Falsification of the fat phase of dairy products. Methods for identification of animal fats. Dairy industry. 2017. no. 3. pp. 20–22. (in Russian).

4 Bondia-Pons I., Castellote A.I., L´opez-Sabater M.C. Comparison of conventional and fast gas chromatography in human plasma fatty acid determination. Journal of Chromatography B. 2004. vol. 809. pp. 339–344.

5 Delmonte P., Kia A.R.F., Kramer J.K., Mossoba M.M. et al. Separtion characteristics of fatty acid methyl ester using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column. Journal of Chromatography A. 2011. vol. 1218. no. 3. pp. 545–554.

6 Jensen R G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. Journal of Dairy Science. 2002. vol. 85. no. 2. pp. 295–350.

7 Molkentin J. Bioactive lipids naturally occurring in bovine milk. Nahrung. 1999. vol. 43. no. 3. pp. 185–189.

8 Mondello L., Casilli A., Quinto Tranchida P., Costa R. et al. Evaluation of fast gas chromatography and gas chromatography–mass spectrometry in the analysis of lipids. Journal of Chromatography A. 2004. vol. 1035. pp. 237–247.

9 Korytár P., Janssen H.G., Matisová E., Udo A.T. Practical fast gas chromatography: methods, instrumentation and applications. Trends in Analytical Chemistry. 2002. vol. 21. no. 9-10. pp. 558–572

10 Matisová E., Dömötörová M. Fast gas chromatography and its use in trace analysis. Journal of Chromatography A. 2003. vol. 1000. pp. 199–221.

Сведения об авторах

Николай А. Жижин научный сотрудник, ВНИИ молочной промышленности,т ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия, zhizhinmoloko@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-6690-0488

Information about authors

Nikolay A. Zhizhin researcher, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, zhizhinmoloko@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-6690-0488

Вклад авторов

Николай А. Жижин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Contribution

Nikolay A. Zhizhin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/01/2020	**После редакции** 03/02/2020	**Принята в печать** 12/02/2020

Received 25/01/2020	**Accepted in revised** 03/02/2020	**Accepted** 12/02/2020