

ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА МОЛОКА И КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ЕГО ОТДЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ У КОЗ И ОВЕЦ РАЗНЫХ ПОРОД

М.И. СЕЛИОНОВА¹, В.И. ТРУХАЧЕВ¹, А.М.М. АЙБАЗОВ¹, А.А. БЕЛОУС²

(¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
² ФГБНУ ФИЦ животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста)

Разведение коз и овец для производства молока имеет в России положительную динамику. Для эффективного ведения селекции необходимо накопление информации о составе козьего и овечьего молока и характере корреляционных связей между его компонентами у разных пород. В статье представлено сопоставление ИК-спектров показателей молока альпийских и зааненских коз, овец пород лакон и остфризская, полученных на автоматическом анализаторе CombiFoss 7 D. Установлено, что в молоке альпийских коз достоверно выше на 7,2–82,4% ($p < 0,001$) содержание массовой доли жира, сухих веществ, пальмитиновой, а также длинно-, средне-, мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот, чем в молоке зааненских коз. В молоке овец породы лакон были выше уровень жира, белка, казеина, содержание сухих веществ, мочевины, миристиновой, средне-, коротко- и насыщенных жирных кислот, транс-изомеров жирных кислот на 19,4–82,6% ($p < 0,001$), чем у остфризских. У последних отмечены большее содержание лактозы и меньшее число дифференциальных соматических клеток на 19,4 и 23,4% ($p < 0,01$). В молоке овец уровень массовой доли жира, белка, казеина, сухого вещества был в среднем в 1,3–1,9 раза выше, чем в молоке коз. При этом наибольшее преимущество отмечено в содержании мононенасыщенных, короткоцепочечных и полиненасыщенных жирных кислот, что является важным для функционального питания человека. Расчет коэффициентов корреляции выявил как общие закономерности, так и отдельные различия в связях между компонентами молока у коз и овец. Общими были: высокая функциональная связь между уровнем МДБ и казеина; высокая положительная связь между МДЖ и СВ, жирными кислотами ($r = 0,61 \dots 0,96$ соответственно); высокая и средняя положительная связь между насыщенными (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК, миристиновой, пальмитиновой) и ненасыщенными (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК, олеиновая, стеариновая) жирными кислотами ($r = 0,40 \dots 0,99$), количеством соматических клеток и их дифференциальным числом ($r = 0,36$ и $0,33$). Различия заключались в том, что в молоке коз между мочевиной, олеиновой и длинноцепочечными кислотами связь слабopоложительная, у овец она отсутствовала; между стеариновой – слабо положительная, у овец – слабо отрицательная; между лактозой и длинноцепочечными жирными кислотами в молоке коз связь средняя положительная, у овец – слабо отрицательная.

Ключевые слова: козы, овцы, молоко, ИК-спектры, соматические клетки, корреляция.

Введение

Овцеводство и козоводство для России являются традиционными отраслями животноводства. Однако если в XVIII–XX вв. мелкий рогатый скот в нашей стране разводили преимущественно для получения шерсти и пуха, то в последнее время все большее предпочтение отдается производству молока. С одной стороны, это обусловлено заменой шерсти и пуха другими, в том числе синтетическими, текстильными волокнами, с другой стороны – растущим потребительским спросом на продукцию из козьего и овечьего молока. Особенно интерес к содержанию молочных коз и овец возрос после введения ограничений на ввоз из-за рубежа некоторых сортиментов молочной

продукции. Все эти обстоятельства стимулировали в нашей стране становление не только молочного козоводства и овцеводства, но и развитие предприятий по переработке молока коз, овец, по производству новой линейки молочных продуктов [1, 2].

Отличительные свойства молока коз и овец, а именно меньший, чем в молоке коров, размер жировых глобул и их равномерное дисперсное распределение, более чем в 2 раза большая концентрация коротко- и среднецепочечных жирных кислот, высокое содержание белка, определяют уникальные функциональные свойства козьего и овечьего молока [3, 4]. Кроме того, в белковых мицеллах молока мелкого рогатого скота выше концентрация кальция и неорганического фосфора, они более устойчивы при нагревании, легче высвобождают казеин [5]. При производстве овечьего сыра не требуется внесение хлорида кальция, что является технологическим преимуществом, поэтому молоко овец подходит особенно для переработки в сыр [6, 7]. Выход сыра из козьего или коровьего молока, как правило, составляет около 1:10, тогда как из овечьего – около 1:5 [8, 9]. Молоко коз не содержит моносахаридов и характеризуется практически отсутствием α 1s-казеина, который вызывает аллергические реакции. Это делает его уникальным источником сырья для производства детского питания и молочных продуктов с высокой биологической ценностью [10]. Мелкий и крупный рогатый скот различается по типу секреции молока: у первых он апокринный, у вторых – мерокринный, что определяет разный уровень соматических клеток в их молоке [11, 12]. Белково-липидно-минеральный комплекс сыров является богатейшим источником аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, кальция и фосфора [13, 14].

Для создания отечественной сырьевой базы козьего и овечьего молока в нашу страну были завезены специализированные молочные породы. В настоящее время в реестре зарегистрированных и допущенных к использованию указаны следующие породы молочных коз: зааненская, альпийская, мурсиана гранадина и нубиан [15]. Овцы молочных пород – лакон, остфризская, ассаф – разводятся в ряде фермерских хозяйств в разных регионах страны. Это Республика Марий Эл, Краснодарский край, Московская, Тверская и Нижегородская области, однако до настоящего времени они не внесены в реестр. Чтобы аргументированно проводить работу в данном направлении, а также целенаправленно осуществлять селекцию, необходимы накопление данных об уровне продуктивности коз и овец разных пород, знание о направлении и характере корреляционных связей между компонентами молока, что и определило актуальность исследований.

Цель исследований: изучить компонентный состав молока и определить связь между его отдельными показателями у молочных коз и овец разных пород.

Материал и методы исследований

Объектом исследований явились молочные козы пород зааненской ($n = 146$, ООО «Эко ферма "Климовское"», Калужская область), альпийской ($n = 127$, КФХ «Былинкино» Московской области) и овцы пород лакон ($n = 128$, КФХ Николаев М.И., Краснодарский край), остфризской ($n = 96$, КФХ, Московская область). Технология производства козьего и овечьего молока предполагала доение 2 раза в день с использованием доильного оборудования «DeLaval» (Германия), «Gea Farm Technologies» (Германия), параллель «Mdisplacement 2×16», доильный аппарат «TOP FLOW» соответственно.

Удельный вес животных I, II, III лактаций и старше среди исследованных коз пород зааненской, альпийской и овец породы лакон составил 35%, 33% и 32%, овец остфризской породы I и II лактаций – 65% и 35%, соответственно. Диапазон разницы в дате начала лактации не превышал 1,5 месяца. Пробы молока осуществлялись трижды, в период с мая по июнь, в момент контрольных доений: у коз – каждый

месяц, у овец – каждые 14 дней. Консервация проб выполнялась путем внесения микротаблетки Broad Spectrum Microtabs II («Bentley Instruments», США).

Компонентный анализ молока коз и овец проводился в ФИЦ животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста на базе ОНИС БиоТехЖ с использованием автоматического анализатора CombiFoss 7 DC («FOSS», Дания), который включает в себя MilkoScan (ближняя инфракрасная спектроскопия) и Fossomatic 7 DC (проточная цитометрия). Определялись такие показатели, как массовая доля жира (МДЖ), белка (МДБ), лактозы (МДЛ), сухое вещество (СВ), казеин, мочевины; жирные кислоты (ЖК): миристиновая (С14:0), пальмитиновая (С16:0), стеариновая (С18:0), олеиновая (С18:1), длинно-, средне- и короткоцепочечные (ДЦЖК, СЦЖК, КЦЖК), моно- и полиненасыщенные (МНЖК, ПНЖК), насыщенные (НЖК), трансизомеры жирных кислот (ТЖК), количество соматических клеток (КСК), дифференциальное количество соматических клеток (ДКСК, или дифференциация на полиморфноядерные нейтрофилы).

Описательную статистику экспериментальных данных выполняли в программе Microsoft Office Excel 2013. Рассчитывали средние значения для компонентов молока (М), их стандартные ошибки ($\pm m$), коэффициенты вариации (Сv), коэффициенты корреляции (r). Выявленные различия для компонентов молока считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$, для коэффициентов корреляции – при $p \leq 0,05$, $|r| \geq 0,12$.

Результаты и их обсуждение

Исследование компонентов молока у коз и овец и полученные данные позволили провести как межпородное, так и межвидовое их сопоставление.

Установлено, что молоко альпийских коз в сравнении с молоком зааненских коз отличалось достоверно большим содержанием массовой доли жира, сухих веществ, пальмитиновой, а также длинно-, средне-, мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот. При этом если превосходство по первым двум показателям составило 40,3% ($p < 0,001$) и 7,2% ($p < 0,01$), то по остальным оно было несколько выше и находилось в диапазоне от 48,4% до 82,4% ($p < 0,001$). Не выявлены различия по уровню белка, казеина, мочевины, олеиновой, полиненасыщенных жирных кислот, их трансизомеров, а также по общему содержанию соматических клеток и их дифференциальным формам. Обращает на себя внимание меньший размах изменчивости таких показателей, как содержание лактозы, жирных кислот, за исключением стеариновой и полиненасыщенных жирных кислот, в молоке коз зааненской породы (табл. 1).

Сравнительный анализ показателей молока овец разных пород выявил больше различий. Так, в молоке овец породы лакон были выше уровень жира, белка, казеина, содержание сухих веществ, мочевины, миристиновой, средне-коротко- и насыщенных жирных кислот, а также трансизомеров жирных кислот. При этом, аналогично различиям у коз, по первым четырем показателям превосходство составляло от 19,4% ($p < 0,01$) до 39,0% ($p < 0,001$), тогда как по остальным, а именно по жирным кислотам, оно было более выраженным и находилось в диапазоне от 50,0% до 82,6% ($p < 0,001$).

Следует отметить большее содержание лактозы и меньшее число дифференциальных соматических клеток в молоке остфризских овец – на 19,4% и 23,4% ($p < 0,01$). Подчеркнем, что коэффициенты изменчивости для показателей молока овец остфризской породы были значительно меньшими, чем у овец породы лакон. Возможно, это связано с тем, что для первой породы исследованные животные были первых двух лактаций, тогда как для второй – первой-четвертой лактаций, чему в дальнейшем следует уделить особое внимание. Тем не менее считаем важными полученные результаты для создания массива данных о компонентах молока и об их изменчивости у овец разных пород, для дальнейшей селекционно-племенной работы с молочными овцами.

Компонентный состав молока коз и овец разных пород

Показатель	Козы				Овцы			
	Зааненская		Альпийская		Лакон		Остфризская	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
МДЖ, %	3,05±0,04	20,68	4,28 ¹ ±0,06	26,49	7,65 ² ±0,15	30,09	5,87±0,07	12,36
МДБ (общий), %	3,16±0,02	12,55	3,22±0,02	16,66	5,91 ² ±0,06	15,46	4,51±0,02	5,29
МДЛ, %	4,23±0,01	5,27	4,24±0,02	12,74	4,49±0,03	10,2	5,11 ² ±0,01	2,26
СВ, %	11,52±0,06	8,69	12,35 ¹ ±0,07	13,51	19,33 ² ±0,19	14,88	16,19±0,08	5,07
Казеин, %	2,22±0,02	14,61	2,28±0,02	19,20	5,13 ² ±0,06	17,71	3,69±0,02	5,90
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹	60,62±0,56	18,66	58,83±0,46	18,31	71,66 ² ±0,95	19,7	37,66±0,51	13,96
Миристиновая, г/100 г	0,29±0,03	26,04	0,39±0,01	36,29	0,84 ² ±0,02	34,24	0,49±0,01	15,69
Пальмитиновая, г/100 г	0,59±0,01	23,87	0,89 ¹ ±0,01	37,10	1,60±0,04	36,75	1,11±0,02	16,63
Стеариновая, г/100 г	0,17±0,01	34,15	0,24±0,02	34,25	0,46±0,01	42,73	0,48±0,01	17,84
Олеиновая, г/100 г	1,16±0,02	24,05	1,24±0,02	30,38	1,92±0,05	35,21	1,81±0,02	15,36
ДЦЖК, г/100 г	0,91±0,01	25,20	1,66 ¹ ±0,02	30,54	2,58±0,06	35,7	2,39±0,03	15,56
СЦЖК, г/100 г	0,97±0,01	27,15	1,44 ¹ ±0,02	34,90	2,78 ² ±0,06	33,42	1,63±0,02	15,32
КЦЖК, г/100 г	0,69±0,01	22,98	0,70±0,01	35,58	1,79 ² ±0,04	37,56	0,98±0,01	14,78
МНЖК, г/100 г	0,66±0,01	16,13	0,98 ¹ ±0,01	29,66	1,32±0,03	25,42	1,63±0,02	14,87
ПНЖК, г/100 г	0,11±0,004	26,37	0,15±0,005	27,82	0,26±0,01	29,86	0,21±0,01	12,52
НЖК, г/100 г	1,71±0,02	26,09	2,73 ¹ ±0,04	34,75	5,26 ² ±0,11	28,67	3,51±0,05	14,07
ТЖК, г/100 г	0,06±0,008	46,32	0,10±0,01	47,36	0,21 ² ±0,01	52,74	0,14±0,01	25,52
КСК, тыс. ед/мл	1018,47±±99,00	124,49	1181,56±±59,27	118,52	510,93±±90,16	262,32	306,46±±57,21	194,71
ДКСК, %	82,63±0,59	14,32	81,40±0,40	11,53	55,37±1,93	51,73	31,96 ² ±1,64	28,64

Примечание. ¹ – достоверно при $p < 0,01$ и $p < 0,001$ при сравнении коз пород альпийской и зааненской; ² – достоверно при $p < 0,01$ и $p < 0,001$ при сравнении овец пород лакон и остфризской.

При сопоставлении характеристик молока коз и овец прослеживается явное превосходство последних по всем исследованным показателям, кроме общего содержания соматических клеток и их дифференциальных форм, о чем сказано ниже. В молоке овец уровень массовой доли жира, белка, казеина, сухого вещества был в среднем в 1,3–1,9 раза выше, чем в молоке коз ($p < 0,001$). Еще большее преимущество отмечено в концентрации жирных кислот всех классов, и это превосходство составляло диапазон от 1,5 до 2,7 раза (табл. 1). При этом следует особо подчеркнуть, что в молоке овец в 1,8; 2,0 и 2,7 раза было больше мононенасыщенных, короткоцепочечных и полиненасыщенных жирных кислот соответственно, что является важным для функционального питания человека. Если эти 3 класса жирных кислот сложить, то в молоке коз их уровень в среднем составляет 1,65 г/100 г, в молоке овец – 4,32 г/100 г, что в 3–8 раз больше, чем в молоке голштинской породы (0,48 г/100 г) [16].

Интересным оказалось и то, что как у коз, так и у овец, при выраженном различии в уровне массовой доли жира достоверная разность в содержании полиненасыщенных жирных кислот не выявлена. Это позволяет предположить, что данный показатель является генетически обусловленным, поэтому он более стабилен, меньше подвержен воздействию условий внешней среды.

При изучении жирных кислот в молоке коз и овец отмечено также, что при различии в уровне содержания просматривается четкая аналогичность в их удельном распределении (рис. 1).

В молоке коз из исследованных показателей, как отмечалось выше, два параметра, а именно общее количество соматических клеток и их дифференциальное число, были выше в сравнении с молоком овец.

Согласно ГОСТ 32940–2014 «Молоко козье сырое. Технические условия», число соматических клеток не должно превышать 1000 тыс. ед/мл. В наших исследованиях их содержание было несколько выше несмотря на то, что все животные были клинически здоровыми. Возможно, необходимы дополнительные исследования по определению допустимого уровня соматических клеток в молоке коз и соотношению его к числу дифференцированных форм.

Известно, что для оценки состояния здоровья молочной железы более информативным является показатель «Дифференциальное количество соматических клеток – ДКСК», который отражает содержание лимфоцитов, макрофагов и полиморфноядерных нейтрофилов. В ряде исследований установлено, что именно эти клетки связаны с воспалительным процессом [15]. Полученные в настоящих исследованиях данные указывают на то, что при разном уровне числа соматических клеток в молоке коз разных пород (1018 и 1181 тыс. ед/мл) дифференциальное число было практически одинаковым – 82,6 и 81,4%. Аналогичная закономерность прослеживалась и у овец: 510,9 и 306,4 тыс. ед/мл, 55,3 и 41,9%.

Рассматривая тему соматических клеток для молока мелкого рогатого скота, необходимо подчеркнуть, что если для коз он установлен, то для овец – нет. Исходя из полученных данных для овец, можно предположить соотношение данного показателя с уровнем, определенным для молока коров. Согласно ГОСТу 31449–2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» число соматических клеток в молоке коров не должно превышать 400 тыс. ед/мл. Однако в любом случае необходимо отметить, что в сравнении с молоком коз содержание соматических клеток в молоке овец в 2–3 раза ниже, и это, по-видимому, характерно для данного вида животных. С нашей точки зрения, содержание соматических клеток на уровне 300–600 тыс. ед./мл можно рассматривать как норму.

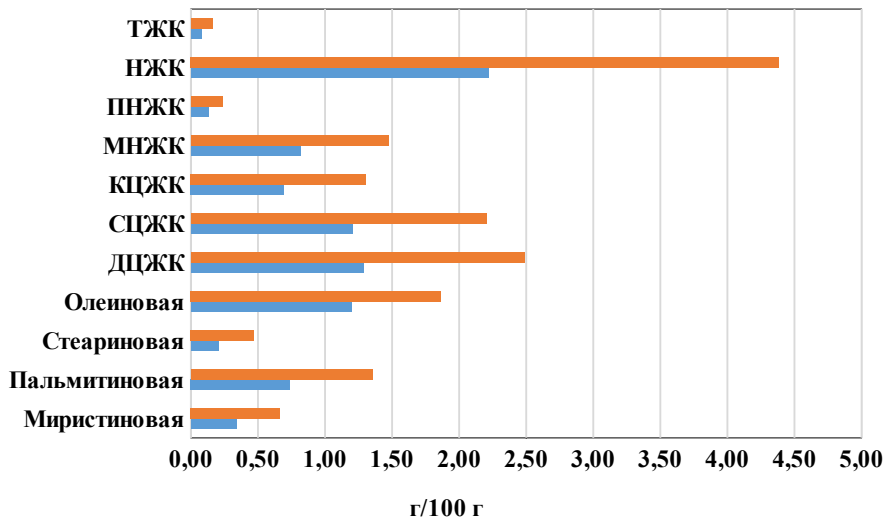


Рис. 1. Содержание жирных кислот в молоке коз и овец

Расчет коэффициентов корреляции выявил как общие закономерности, так и отдельные различия. Так, характер и направленность связи между МДЖ и МДБ, казеином, мочевиной были аналогичными: средняя положительная ($r = 0,39 \dots 0,49$; $r = 0,22 \dots 0,42$ соответственно), а также между МДЖ и СВ, жирными кислотами – высокая положительная ($r = 0,61 \dots 0,86$; $r = 0,70 \dots 0,96$ соответственно). Как в молоке коз, так и в молоке овец отмечена высокая функциональная связь между уровнем МДБ и казеина ($r = 0,95$ и $0,99$). Также общей для молока коз и овец была средняя и высокая положительная связь между насыщенными (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК, миристиновая, пальмитиновая) и ненасыщенными (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК, олеиновая, стеариновая) жирными кислотами ($r = 0,42 \dots 0,97$; $r = 0,40 \dots 0,99$) (табл. 2).

Для таких показателей, как мочевина, лактоза и соматические клетки, наряду с однонаправленными выявлены различные связи. Так, направленность связи между показателем содержания мочевины и уровнем других компонентов в молоке коз и овец в большинстве случаев была аналогичной, за исключением связи между некоторыми жирными кислотами. Например, между олеиновой и длинноцепочечными жирными кислотами в молоке коз выявлена слабоположительная связь ($r = 0,18$ и $0,13$), тогда как у овец она отсутствовала; между стеариновой, соответственно, связь была слабо положительной ($r = 13$), тогда как у овец – слабо отрицательной ($r = -0,19$).

Для показателя содержания лактозы общей для молока коз и овец была отрицательная связь между содержанием белка и казеина ($r = -0,37$ и $-0,22$; $r = -0,14$ и $-0,17$ соответственно), тогда как различия заключались в том, что в молоке коз отсутствовала связь между жиром, олеиновой, мононенасыщенными и насыщенными жирными кислотами, а в молоке овец связь была отрицательной ($r = -0,12 \dots -0,36$). Также в молоке коз между содержанием лактозы и длинноцепочечными жирными кислотами выявлена средняя положительная связь ($r = 0,32$), тогда как у овец она была слабой отрицательной ($r = -0,18$).

Общей для молока коз и овец была средняя положительная связь между КСК и ДКСК ($r = 0,36$ и $0,33$ соответственно). При этом заметным отличием явилось отсутствие связи в молоке овец между КСК и другими компонентами, тогда как в молоке коз этот показатель слабо коррелировал с МДБ и казеина ($r = 0,27$ и $0,28$). Также в молоке овец между ДКСК и некоторыми показателями связь была очень слабой ($r = 0,13 \dots 0,17$), тогда как в молоке коз она приближалась к средней ($r = 0,19 \dots 0,28$) (табл. 2).

Коэффициенты корреляции между компонентами молока коз (над диагональю) и овец (под диагональю)

Показатель	МДЖ	МДБ	МДЛ	СВ	Казеин	Мочевина	Миристиновая	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	ДЦЖК	СЦЖК	МНЖК	ПНЖК	НЖК	КЦЖК	ТЖК	КСК	ДКСК
МДЖ		0,39	-	0,77	0,45	0,49	0,75	0,79	0,66	0,74	0,68	0,84	0,66	0,61	0,86	0,78	-	-	-
МДБ	0,36		-0,37	0,73	0,95	0,26	0,30	0,19	0,24	0,43	0,35	0,42	0,37	0,13	0,32	0,19	-0,34	0,31	0,27
МДЛ	-0,12	-0,14		-	-0,22	-	-	-	0,16	0,14	0,32	-	-	-	-	-	-	-0,18	-
СВ	0,94	0,83	-		0,81	0,28	0,74	0,60	0,63	0,75	0,70	0,76	0,69	0,60	0,79	0,70	-	0,15	0,23
Казеин	0,42	0,99	-0,17	0,72		0,25	0,41	0,25	0,27	0,46	0,37	0,50	0,39	0,21	0,41	0,29	-	0,29	0,28
Мочевина	0,22	0,38	-0,19	0,20	0,35		0,18	0,26	0,13	0,18	0,15	0,30		0,23	0,25	0,22	-0,20	-	-
Миристиновая	0,91	0,78	-	0,88	0,66	0,37		0,85	0,45	0,48	0,44	0,94	0,42	0,54	0,95	0,93	0,14	-	-
Пальмитиновая	0,91	0,69	-	0,79	0,32	0,31	0,82		0,47	0,52	0,44	0,92	0,47	0,49	0,91	0,82	-	0,12	-
Стеариновая	0,70	0,20	-	0,60		-0,19	0,40	0,69		0,86	0,91	0,48	0,87	0,70	0,61	0,49	-	0,12	0,21
Олеиновая	0,91	0,53	-0,34	0,84	0,31	-	0,69	0,73	0,81		0,97	0,56	0,98	0,71	0,67	0,55	0,12	0,18	0,18
ДЦЖК	0,86	0,46	-0,18	0,79	0,28	-	0,62	0,66	0,79	0,99		0,49	0,95	0,70	0,62	0,53	0,23	-	0,19
СЦЖК	0,91	0,77		0,89	0,36	0,48	0,94	0,95	0,64	0,72	0,68		0,47	0,47	0,95	0,88	-	-	-
МНЖК	0,89	0,54	-0,36	0,81	0,22	-	0,66	0,73	0,91	0,99	0,99	0,72		0,71	0,60	0,48	-	0,20	-
ПНЖК	0,81	0,56		0,73	0,44	0,25	0,61	0,62	0,73	0,66	0,68	0,61	0,64		0,65	0,66	0,51	0,12	-
НЖК	0,96	0,72	-0,16	0,92	0,43	0,31	0,96	0,94	0,91	0,80	0,75	0,96	0,78	0,72		0,96	-	-	-
КЦЖК	0,82	0,67	-	0,85	0,52	0,44	0,89	0,89	0,57	0,59	0,54	0,88	0,72	0,78	0,91		0,14	-	-
ТЖК	0,76	0,47	-	0,62	-	-0,12	0,54	0,46	0,48	0,53	0,61	0,50	0,78	0,88	0,67	0,54		-	0,14
КСК	-	-	-0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36
ДКСК	0,15	0,15	-	0,13	0,15		0,15	0,17	-	-	-	0,17	-	-	0,16	-	-	-	0,33

Примечание. Уровень достоверности корреляций $r \leq 0,05$; $r = \pm 0,12$.

Выводы

1. Установлены межпородные и межвидовые различия в компонентном составе молока мелкого рогатого скота.

1.1. В молоке альпийских коз достоверно выше содержание массовой доли жира, сухих веществ, пальмитиновой, а также длинно-, средне-, мононенасыщенных и насыщенных жирных кислот, чем в молоке зааненских коз. Превосходство находилось в диапазоне от 7,2% ($p < 0,01$) до 82,4% ($p < 0,001$). Не выявлена разность по уровню белка, казеина, мочевины, олеиновой, полиненасыщенных жирных кислот, их трансизомеров, а также по общему содержанию соматических клеток и их дифференциальным формам.

1.2. В молоке овец породы лакон в сравнении с молоком овец остфризской породы были выше уровень жира, белка, казеина, содержание сухих веществ, мочевины, миристиновой, средне-, коротко- и насыщенных жирных кислот, трансизомеров жирных кислот. Превосходство находилось в пределах от 19,4% ($p < 0,01$) до 82,6% ($p < 0,001$). В то же время в молоке остфризских овец отмечены большее содержание лактозы и меньшее число дифференциальных соматических клеток – на 19,4 и 23,4% ($p < 0,01$).

В молоке овец породы лакон содержание массовой доли жира, белка истинного и общего, казеина, сухого вещества, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот было в 2,1–2,91 раза выше, чем в молоке зааненских коз ($p < 0,001$).

1.3. В молоке овец уровень массовой доли жира, белка, казеина, сухого вещества был в среднем в 1,3–1,9 раза выше, чем в молоке коз ($p < 0,001$). Наибольшее преимущество отмечено в концентрации жирных кислот всех классов (в 1,5–2,7 раза) с акцентом на мононенасыщенные, короткоцепочечные и полиненасыщенные жирные кислоты, что является важным для функционального питания человека.

2. Расчет коэффициентов корреляции выявил как общие закономерности, так и отдельные различия в связях между компонентами молока у коз и овец.

2.1. К общим закономерностям для молока коз и овец относятся: высокая функциональная связь между уровнем МДБ и казеина ($r = 0,95$ и $0,99$ соответственно); высокая положительная связь между МДЖ и СВ, жирными кислотами ($r = 0,61 \dots 0,86$; $r = 0,70 \dots 0,96$ соответственно); высокая и средняя положительная между насыщенными (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК, миристиновой, пальмитиновой) и ненасыщенными (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК, олеиновая, стеариновая) жирными кислотами ($r = 0,42 \dots 0,97$; $r = 0,40 \dots 0,99$); средняя положительная – между МДЖ и МДБ, казеином, мочевиной ($r = 0,39 \dots 0,49$; $r = 0,22 \dots 0,42$ соответственно), КСК и ДКСК ($r = 0,36$ и $0,33$ соответственно).

2.2. Различия заключались в том, в молоке коз между мочевиной, олеиновой и длинноцепочечными кислотами связь слабоположительная ($r = 0,18$ и $0,15$), у овец она отсутствовала; между стеариновой кислотой и мочевиной, соответственно, связь была слабо положительной ($r = 13$), у овец – слабо отрицательной ($r = -0,19$).

2.3. Для показателя содержания лактозы в молоке коз отсутствовала связь между жиром, олеиновой, мононенасыщенными и насыщенными жирными кислотами, тогда как в молоке овец она была отрицательной ($r = -0,12 \dots -0,36$); между лактозой и длинноцепочечными жирными кислотами в молоке коз выявлена средняя положительная связь ($r = 0,32$), у овец – слабо отрицательная ($r = -0,18$).

Исследования выполнены при финансовой поддержке РНФ в рамках проекта № 21–76–20008.

Библиографический список

1. *Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А.* Динамика поголовья коз и производства козьего молока и мяса в мире и в России // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 4. – С. 22–25. DOI: 10.26897/2074-0840-2020-4-22-25.
2. *Шевченко Д.О., Леценко И.А.* Характеристика отрасли молочного козоводства // Первый шаг в большую науку: Сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 5 февраля 2024 г. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. – С. 39–43.
3. *Abdulwahid Jaber Al-Fayad M.* Evaluation of Different Chemical and Physical Components of Milk in Cows, Buffalos, Sheep, and Goats // Archives of Razi Institute. – 2022. – № 77 (1). – Pp. 477–481. DOI: 10.22092/ARI.2021.356861.1932
4. *Muñoz-Salinas F., Andrade-Montemayor H.M., De la Torre-Carbot K., Duarte-Vázquez M.Á., Silva-Jarquín J.C.* Comparative Analysis of the Protein Composition of Goat Milk from French Alpine, Nubian, and Creole Breeds and Holstein Friesian Cow Milk: Implications for Early Infant Nutrition // Animals. – 2022. – № 12 (17). – P. 2236. DOI: 10.3390/ani12172236
5. *Шувариков А.С., Пастух О.Н.* Влияние породы коз на состав и технологические свойства молока // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. – 2018. – С. 227–231.
6. *Павлова Л.А., Каширина Л.Г.* Особенности изготовления сыров из козьего молока // Бруцеллез: перспективы решения проблемы на основе новых научных знаний: Материалы Международной научно-практической конференции. Махачкала, 28 октября 2023 г. – Махачкала: ИП «Магомедалиев С.А.», 2023. – С. 339–345.
7. *Ingham B., Smialowska A., Kirby N.M., Wang C., Carr A.J.* A structural comparison of casein micelles in cow, goat and sheep milk using X-ray scattering // Soft matter. – 2018. – № 14 (17). – Pp. 3336–3343. DOI: 10.1039/c8sm00458g.
8. *Шувариков А.С., Канина К.А., Робкова Т.О., Юрова Е.А.* Состав и свойства овечьего, козьего и коровьего молока // Фермер. Черноземье. – 2019. – № 6 (27). – С. 46–47.
9. *Канина К.А., Жижин Н.А., Атанасов П.Р., Пастух О.Н.* Характеристика овечьего молока как сырья для производства молочных продуктов // Известия ТСХА. – 2022. – № 1 (6). – С. 146–158. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-6-146-158.
10. *Мухамедьянова Ф.И.* Козье молоко как сырье для производства продуктов питания // Инновационные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития: Материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Уфа, 25 мая 2023 г. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2023. – С. 83–87.
11. *Ремизова Е.В.* Морфология секреторного эпителия молочной железы коз // Ветеринарный врач. – 2014. – № 6. – С. 48–52.
12. *Ferro M.M., Tedeschi L.O., Atzori A.S.* The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats // Translational animal science. – 2017. – № 1 (4). – Pp. 498–506. DOI: 10.2527/tas2017.0056.
13. *Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л., Щетинина Е.М.* Технологический потенциал козьего молока // Молочная промышленность. – 2021. – № 10. – С. 56–58. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-10-56-58.
14. *Калугина О.И., Шлятина К.А., Баранова Е.Р., Симон С.А.* Сыр как профилактика белково-энергетической недостаточности // Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий: Сборник материалов I Международного конгресса. Кемерово, 28–30 ноября 2022 г. / Под общ. ред. А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 155–157. DOI: 10.21603/-I-IC-48.

15. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Официальное издание. Т. 2. Породы животных. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – С. 214.

16. Сермягин А.А., Лашнева И.А., Косицин А.А., Игнатьева Л.П., Артемьева О.А., Sölkner J., Зиновьева Н.А. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 6. – С. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.

CHARACTERIZATION OF MILK COMPOSITION AND CORRELATIONS BETWEEN ITS INDIVIDUAL COMPONENTS IN GOATS AND SHEEP OF DIFFERENT BREEDS

M.I. SELIONOVA¹, V.I. TRUKHACHEV¹, A.M. AYBAZOV¹, A.A. BELOUS²

(¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;
²L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry)

Breeding of goats and sheep for milk production shows positive dynamics in Russia. For effective breeding it is necessary to collect information on the composition of goat and sheep milk and the nature of correlations between its components in different breeds. The article compares infrared spectra of milk parameters of Alpine and Zaanen goats, Lacon and Ostfriesian sheep breeds, obtained on the automatic analyzer CombiFoss 7 D. It was found that in the milk of Alpine goats the content of the mass fraction of fat, solids, palmitic, long-, medium-, monounsaturated and saturated fatty acids was significantly higher by 7.2 to 82.4 percent ($p < 0.001$) than in the milk of Zaanen goats. The milk of Lacon sheep had higher levels of fat, protein, casein, solids, urea, myristic, medium-, short-, and saturated fatty acids, and fatty acid trans-isomers by 19.4 to 82.6% ($p < 0.001$) than that of Ostfriesian sheep; the latter had higher lactose content and lower differential somatic cell counts by 19.4% and 23.4% ($p < 0.01$), respectively. In sheep milk, the level of mass fraction of fat, protein, casein, dry matter was on average 1.3 to 1.9 times higher than in goat milk, with the greatest advantage in the content of monounsaturated, short-chain and polyunsaturated fatty acids, which is important for functional human nutrition. Calculation of correlation coefficients revealed both general patterns and individual differences in the relationships between goat and sheep milk components. Common were a high functional relationship between protein and casein B content; high positive relationship between fat and TS, fatty acids ($r = 0.61$ and 0.96 , respectively); high and medium positive relationship between saturated (SFA, LCFA, MCFA, myristic acid, palmitic acid) and unsaturated (MUFA, PUFA, SCFA, oleic acid, stearic acid) fatty acids ($r = 0.40$ and 0.99); somatic cell count and differential cell count ($r = 0.36$ and 0.33). The differences consisted in a weak positive relationship between urea, oleic acid and long chain fatty acids in goat milk while there was no relationship in sheep milk; between stearic acid there was a weak positive relationship in goat milk while there was a weak negative relationship in sheep milk; between lactose and long chain fatty acids there was a medium positive relationship in goat milk while there was a weak negative relationship in sheep milk.

Keywords: goats, sheep, milk, IR spectra, somatic cells, correlation.

References

1. Erokhin A.I., Karasev E.A., Erokhin S.A. Dynamics of goat population and production of goat milk and meat in the world and Russia. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2020;4:22–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-4-22-25>

2. Shevchenko D.O., Leshhenko I.A. Characteristics of the dairy goat breeding industry. *III Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy konkurs "Perviy shag v bolshuyu nauku"*. February 05, 2024. Petrozavodsk, Russia: Mezhdunarodniy tsentr nauchnogo partnerstva "Novaya Nauka" (IP Ivanovskaya I.I.), 2024:39–43. (In Russ.)
3. Abdulwahid Jaber Al-Fayad M. Evaluation of Different Chemical and Physical Components of Milk in Cows, Buffalos, Sheep, and Goats. *Archives of Razi Institute*. 2022;77(1):477–481. <https://doi.org/10.22092/ARI.2021.356861.1932>
4. Muñoz-Salinas F., Andrade-Montemayor H.M., De la Torre-Carbot K., Duarte-Vázquez M.Á., Silva-Jarquín J.C. Comparative Analysis of the Protein Composition of Goat Milk from French Alpine, Nubian, and Creole Breeds and Holstein Friesian Cow Milk: Implications for Early Infant Nutrition. *Animals*. 2022;12(17):2236. <https://doi.org/10.3390/ani12172236>
5. Shuvarikov A.S., Pastukh O.N. Influence of goat breed on composition and technological properties of milk. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashhennaya 20-letiyu pervogo vypuska texnologov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva "Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii"*. November 15, 2018. Cheboksary, Russia: Chuvash SAA, 2018:227–231. (In Russ.)
6. Pavlova L.A., Kashirina L.G. Features of the manufacture of cheese from goat's milk. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Brutselloz: perspektivy resheniya problemy na osnove novykh nauchnykh znaniy"*. October 28, 2023. Makhachkala, Russia: IP "Magomedaliyev S.A.", 2023:339–345. (In Russ.)
7. Ingham B., Smialowska A., Kirby N.M., Wang C., Carr A.J. A structural comparison of casein micelles in cow, goat and sheep milk using X-ray scattering. *Soft matter*. 2018;14(17):3336–3343. <https://doi.org/10.1039/c8sm00458g>
8. Shuvarikov A.S., Kanina K.A., Robkova T.O., Yurova E.A. Composition and properties of sheep, goat and cow milk. *Fermer. Chernozem'e*. 2019;6(27):46–47. (In Russ.)
9. Kanina K.A., Zhizhin N.A., Atanasov P.R., Pastukh O.N. Characteristics of sheep's milk as raw material for the production of dairy products. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2022;1(6):146–158. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-6-146-158>
10. Mukhamed'yanova F.I. Goat milk as a raw material for food production. *I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i studentov "Innovatsionnye nauchnye issledovaniya: opyt, problemy i perspektivy razvitiya"*. May 25, 2023. Ufa, Russia: Bashkir State Agrarian University, 2023:83–87. (In Russ.)
11. Remizova E.V. Morphology of secretory epithelial cells in goat mammary gland. *Veterinarniy vrach*. 2014;6:48–52. (In Russ.)
12. Ferro M.M., Tedeschi L.O., Atzori A.S. The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Translational Animal Science*. 2017;1(4):498–506. <https://doi.org/10.2527/tas2017.0056>
13. Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L., Shhetinina E.M. Technological potential of goat's milk. *Molochnaya promyshlennost'*. 2021;10:56–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-10-56-58>
14. Kalugina O.I., Shlyapina K.A., Baranova E.R., Simon S.A. Cheese as a prevention of protein-energy malnutrition.: *I Mezhdunarodniy kongress "Noveyshie dostizheniya v oblasti meditsiny, zdravookhraneniya i zdorov'esberegayushchikh tekhnologiy"*. November 28–30, 2022. Kemerovo, Russia: Kemerovo State University, 2022:155–157. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/-I-IC-48>

15. The State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 2. “Animal Breeds” (official edition). Moscow, Russia: FGBNU “Rosinformagrotekh”, 2022:214. (In Russ.)

16. Sermyagin A.A., Lashneva I.A., Kositsin A.A., Ignatieva L.P. et al. Differential somatic cell count in milk as criteria for assessing cow’s udder health in relation with milk production and components. *Agricultural Biology*. 2021;6(56):1183–1198. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus>

Сведения об авторах

Селионова Марина Ивановна, проректор по научной работе, д-р биол. наук, профессор РАН, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; тел.: (968) 266–33–03

Трухачев Владимир Иванович, ректор, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: rector@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–12–96

Айбазов Али-Магомет Муссаевич, ведущий научный сотрудник, д-р с.-х. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: velikii-1@yandex.ru; тел.: (938) 351–01–02

Белоус Анна Александровна, заведующий лабораторией генетических технологий в агро- и аквахозяйстве отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, канд. биол. наук, ФГБНУ ФИЦ животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста; 142132, Российская Федерация, Московская область, г/о Подольск, п. Дубровицы; e-mail: belousa663@gmail.com; тел.: (985) 040–40–28

Information about the authors

Marina I. Selionova, DSc (Bio), RAS Professor, Vice-Rector for Research, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (968) 266–33–03; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; ORCID0000-0002-9501-8080)

Vladimir I. Trukhachev, Rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, RAS Academician (Full Member), DSc (Ag), Professor, DSc (Econ), Professor (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–12–96; e-mail: rector@rgau-msha.ru; ORCID0000-0002-4650-1893)

Ali-Magomet M. Aybazov, DSc (Ag), Chief Research Associate, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (938) 351–01–02; e-mail: velikii-1@yandex.ru; ORCID0000-0002-37041-3210)

Anna A. Belous, CSc (Bio), Head of the Laboratory of Genetic Technologies in Agro- and Aquaculture of the Department of Population Genetics and Genetic Bases of Animal Breeding, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (60 Dubrovitsy, urban district Podolsk, Moscow Region, 142132, Russian Federation; phone: (985) 040–40–28; e-mail: belousa663@gmail.com; ORCID0000-0001-7533-4281)