

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ МОЛОКА КОЗ МОЛОЧНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

В.И. ТРУХАЧЕВ¹, М.И. СЕЛИОНОВА¹, А.М.М. АЙБАЗОВ¹,
М.Ю. ГЛАДКИХ¹, И.А. ЛАШНЕВА², Д.Д. СИДОРЕНКО¹

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

Молочное козоводство динамично развивается как в мире, так и в России. Для научно-обоснования стратегии селекции с козами разного направления продуктивности необходимо расширение информации о составе козьего молока и характере корреляционных связей между его компонентами. В сравнительном аспекте рассмотрен состав молока коз молочного и комбинированного направлений продуктивности, представлены коэффициенты корреляции между показателями, исследованными ИК-спектроскопией и проточной цитометрией с использованием автоматического анализатора CombiFoss 7 DC. Установлено, что молочно-мясные, мясо-молочные козы достоверно превосходили молочных коз по массовой доле жира, белка, уровню насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, лактозы и мочевины в молоке. При этом в молоке коз был достоверно меньше уровень дифференциальных клеток. Характер связи между МДЖ и другими компонентами молока у коз с разной выраженностью молочной продуктивности был одинаковым как по силе, так и по направлению. Высокая положительная связь ($r = 0,65 \dots 0,99$) выявлена между МЖД и содержанием жирных кислот – как насыщенных (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК), так и ненасыщенных (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК). Установлены различия в характере связи между содержанием казеина и лактозы, казеина и ДКСК. Для молока коз комбинированного направления продуктивности она была низкой отрицательной ($r = -0,27$ и $-0,31$), для молока молочных коз – низкой положительной ($r = 0,29$ и $0,28$). Также различия выявлены между МДБ и жирными кислотами, МДБ и уровнем соматических клеток. МДБ в молоке молочных коз слабо отрицательно коррелировала с ДЦЖК, КЦЖК, КСК и ДКСК ($r = -0,16 \dots -0,32$), в молоке молочно-мясных и мясо-молочных коз эта связь была слабо положительной ($r = 0,14 \dots 0,26$).

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

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

Введение

Разведением коз в настоящее время занимаются более чем в 160 странах мира во всех зоогеографических регионах. При этом большинство поголовья (около 80%) из более чем 750 млн гол. относится к козам комбинированного направления продуктивности. Козоводство как отрасль животноводства интенсивно развивается, о чем свидетельствует мировой ежегодный прирост поголовья коз на 5 млн гол., в основном молочного и мясного направлений.

Динамичное развитие молочного козоводства определяет не только производство молока, но и его глубокая переработка [1]. Во Франции, Греции, Италии, Испании и Голландии доля потребления козьего молока (с учетом сыров) составляет не менее 15–20% в общем объеме потребления молока [2]. Интерес к козьему молоку обусловлен и тем фактом, что оно характеризуется высокой биологической ценностью, повышенной усвояемостью и гипоаллергенностью [3]. Кроме того, в последние годы наблюдается повышение спроса на экологически чистую и натуральную продукцию, и козье молоко занимает определенную нишу, поскольку разведение коз в малых фермерских хозяйствах является популярным во всем мире [4].

Козье молоко имеет ряд существенных отличий от молока других видов животных (в частности, коровьего молока), которые определяют его использование и технологические процессы при промышленной переработке. Большая дисперсия жировых шариков козьего молока обеспечивает доступность для липолитических ферментов, что обуславливает его высокую переваримость [5, 6]. Также в молоке коз на 54,6–80,2% содержится больше ненасыщенных короткоцепочечных жирных кислот. Помимо этого, козье молоко отличается структурой мицелл казеина, высоким содержанием β -казеина, ничтожно малым количеством альфа-1s-казеина (который вызывает аллергические реакции на коровье молоко) и практически полным отсутствием моносахаридов [7]. Вышеперечисленные свойства определяют интерес к нему как источнику сырья для производства детского питания и широкого спектра молочных продуктов с заданными реологическими характеристиками и высокой биологической, а в отдельных случаях – терапевтической ценностью.

В ряде исследований установлено, что состав молока коз варьирует в зависимости от их породной принадлежности [8, 9]. Однако остается малоизученным вопрос о связи между качественными компонентами молока у коз разного направления продуктивности. Недостаточно информации о количестве соматических клеток и их дифференциальных форм, а также о характере корреляционной связи этих характеристик с показателями козьего молока в общем, и в связи с направлением продуктивности коз – в частности. Вышеизложенное определило актуальность исследований.

Цель исследований заключалась в сравнительной оценке компонентов молока и установлении характера связи между ними у коз молочного и комбинированного направлений продуктивности.

Материал и методика исследований

Объектом исследований явились молочные козы пород зааненская ($n = 134$, ООО «Экоферма «Климовское», Калужская область) и альпийская ($n = 126$, КФХ «Былинкино», Московская область), молочно-мясные – нубийская ($n = 122$, КФХ «Тексель-Фарм»; КФХ «Ляшенко С.Н.», Московская область) и мясо-молочные – карачаевские козы ($n = 131$, КФХ «Пятигорский», Ставропольский край; КФХ «Майский», ЛПХ аул. Кызыл-Кала, ЛПХ аул. Учкулан, Карачаево-Черкесская республика). Технология производства молока коз зааненской, альпийской и нубийской пород предполагала их доение два раза в день с использованием доильного оборудования DeLaval (Германия). Получение молока от карачаевских коз проводилось как с использованием доильного аппарата Melasty Mini (Турция), так и ручной дойкой.

Пробы молока отбирались индивидуально и консервировались с использованием таблеток Microtabs (США) в период проведения контрольных доений в течение трех месяцев: май-июль 2021 г. – у зааненских коз; июнь-август 2022 г.а – у альпийских; июнь-август 2021–2022 гг. – у нубийских и карачаевских коз). Анализ компонентов молока 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 следующие показатели: массовая доля жира (МДЖ), белка истинного и общего (сырого) (МДБ), лактоза (МДЛ), сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), сухое вещество (СВ), бета-гидроксибутират (БГБ); 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 (ТЖК); количество соматических клеток (КСК), дифференциальное количество соматических клеток (ДКСК), или дифференциация на полиморфноядерные нейтрофилы).

Расчет описательной статистики производился в программе Microsoft Excel 2013. В таблицах представлены средние (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 $p \leq 0,05$, $|r| \geq 0,12$. Кластерный анализ проводился в программе Statistica 10, 2021.

Результаты и их обсуждение

Использование метода инфракрасной спектроскопии и проточной цитометрии позволяет значительно расширить исследования компонентного состава молока коз и содержания в нем соматических клеток, при этом дифференцировать уровень полиморфноядерных нейтрофилов, что ценно для мониторинга состояния здоровья молочной железы. Кроме того, автоматизация процесса исследования позволяет с небольшими временными и трудовыми затратами создавать большие массивы данных качественных показателей молока, что важно для получения расширенных породных и популяционных характеристик для использования их в селекции.

Анализ данных компонентного состава молока коз разного направления продуктивности позволил установить, что по большинству показателей молока молочно-мясные, мясо-молочные козы достоверно превосходили молочных коз (табл. 1). Так, разность по содержанию массовой доли жира составила 60,9% ($p < 0,001$), что в свою очередь определило превосходство и по общему уровню насыщенных жирных кислот соответственно на 79,7% ($p < 0,001$), а также по содержанию миристиновой и пальмитиновой кислот соответственно на 67,8 ($p < 0,001$) и 78,8% ($p < 0,001$).

С точки зрения функционального питания человека молоко коз представляет интерес в первую очередь как источник ненасыщенных короткоцепочечных жирных кислот. Следует отметить, что в молоке коз разного направления продуктивности их содержание было высоким и составило 0,56 г/100 г и 0,93 г/100 г, что на 16,9 и 94,1% ($p < 0,001$) выше в сравнении с молоком коров, в котором его уровень, по данным А.А. Сермягина и соав. [10], составляет 0,479 г/100 г. Сопоставление этого параметра в молоке молочных, молочно-мясных и мясо-молочных коз показывает, что уровень мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот был выше на 49,4 ($p < 0,001$) и 46,1% ($p < 0,001$) у коз комбинированного направления продуктивности по сравнению с их содержанием в молоке молочных коз. Особенно выраженным было их превосходство по уровню ненасыщенных жирных кислот – пальмитиновой и олеиновой, составив соответственно 78,8 ($p < 0,001$) и 150,0% ($p < 0,001$).

Козье молоко также представляет ценность как гипоаллергенный продукт за счет меньшего в сравнении с коровьим молоком содержания лактозы [11]. С этой точки зрения молоко коз комбинированного направления продуктивности также выгодно отличалось от молока коз молочного направления продуктивности. Разность по уровню лактозы в их пользу составила 6,6% ($p < 0,001$).

Компонентный состав молока коз молочного и комбинированного направлений продуктивности

Показатель	Молоко молочных коз		Молоко молочно-мясных и мясо-молочных коз		t _d	p
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %		
МДЖ, %	3,46±0,04	30,76	5,57±0,10	33,30	19,50	*
МДБ (истинный), %	3,42±0,01	12,74	4,19±0,06	26,64	11,32	*
МДБ (общий), %	3,81±0,02	14,38	4,54±0,07	30,51	10,02	*
МДЛ, %	4,27±0,01	12,74	3,99±0,04	19,40	6,83	*
СОМО, %	7,88±0,02	6,64	9,23±0,07	13,26	18,49	*
СВ, %	11,34±0,06	12,65	14,46±0,13	17,82	6,89	*
Казеин, %	2,26±0,01	13,58	3,42±0,05	25,76	22,75	*
Ацетон, ммоль/л	0,07±0,00	150,67	0,03±0,01	828,82	3,33	*
БГБ, ммоль/л	0,01±0,00	318,36	0,02±0,01	1241,60	0,98	НД
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹	60,35±0,38	17,34	67,92±0,82	22,30	8,32	*
Миристиновая, г/100 г	0,31±0,00	36,18	0,52±0,01	38,68	17,50	*
Пальмитиновая, г/100 г	0,71±0,01	36,53	1,27±0,02	35,81	25,40	*
Стеариновая, г/100 г	0,24±0,00	47,20	0,41±0,01	40,42	14,17	*
Олеиновая, г/100 г	0,94±0,01	36,23	1,41±0,03	39,82	14,69	*
ДЦЖК, г/100 г	1,24±0,02	39,23	1,79±0,04	42,03	12,22	*
СЦЖК, г/100 г	1,14±0,01	35,62	2,10±0,04	32,69	23,41	*
КЦЖК, г/100 г	0,56±0,01	35,96	0,93±0,02	41,96	16,82	*
МНЖК, г/100 г	0,89±0,01	35,45	1,33±0,03	38,57	13,75	*
ПНЖК, г/100 г	0,13±0,00	27,31	0,19±0,00	35,87	13,33	*
НЖК, г/100 г	2,12±0,03	37,28	3,81±0,07	34,77	22,24	*
ТЖК, г/100 г	0,08±0,001	49,68	0,10±0,001	94,28	3,92	*
КСК, тыс. ед/мл	1341,23±75,20	154,67	1328,6±95,00	132,42	0,10	НД
ДКСК, %	82,35±0,38	12,87	75,41±0,74	18,08	8,34	*

Примечание. НД – разность недостоверна.

*При p≤0,001.

Сопоставление молока коз по содержанию истинного и общего белка и казеина выявило также преимущество молочно-мясных и мясо-молочных коз на 48,5% ($p < 0,001$) по сравнению с молочными козами.

Установленное более высокое содержание жира и белка в молоке коз комбинированного направления продуктивности обусловлено их биологической особенностью. Эта особенность заключается в высокой энергии роста молодняка в первые месяцы жизни, которая обеспечивается высоким содержанием жира (энергетического компонента молока) и белка – компонента, необходимого для синтеза собственных клеток тела растущего организма. В то же время необходимо отметить, что особенности технологии содержания коз комбинированного направления продуктивности, в первую очередь мясо-молочного, накладывают некоторые ограничения на объемы получаемого от них молока. Несмотря на то, что по многим параметрам компонентного состава оно имеет ряд существенных преимуществ, его производство является более затратным. Тем не менее многие фермерские хозяйства, имеющие собственные сыроварни для изготовления определенных сортов сыра как исключительно из молока коз, так и в смеси с молоком коров, практикуют содержание коз комбинированного направления продуктивности.

Как отмечено выше, развитие приборной базы способствовало возможности для проведения мониторинга состояния молочной железы продуктивных животных не только по числу соматических клеток, но и по их дифференциации на лимфоциты, макрофаги и полиморфноядерные нейтрофилы, поскольку именно эти клетки в большей степени связаны с воспалительным процессом [12, 13].

Для молока молочных коз тема числа соматических клеток, которое считается нормой и которое может быть связано с заболеванием молочной железы, остается до настоящего времени дискуссионной. ГОСТ 32940–2014 «Молоко козье сырое. Технические условия» предусматривает не более 1000,0 тыс. ед/мл соматических клеток. Это в 2,5 раза выше, чем для молока коров (ГОСТ 31449–2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» допускает не более 400,0 тыс. ед/мл). Такое соотношение в определенной степени отражает особенности продуцирования молока на 1 кг живой массы для сравниваемых видов животных. Так, живая масса коз примерно в 10 раз меньше, чем коров. При этом на 1 кг массы тела они продуцируют в 1,5–2,0 раза больше молока, что, по-видимому, определяет большую интенсивность его прохождения через выводящие пути и большее число соматических клеток.

Полученные данные свидетельствуют о том, что число соматических клеток в молоке молочных, молочно-мясных и мясо-молочных коз было выше, чем предусмотрено действующим ГОСТом, несмотря на указанные выше различия в их доении и то, что в исследованиях были использованы животные, не имевшие клинических отклонений и каких-либо проявлений мастита.

Анализ полученных результатов позволил отметить еще одну особенность: если практически по всем изученным показателям компонентного состава молока коз разного направления продуктивности установлены достоверные различия, то по общему числу соматических клеток таких различий нет. При этом можно отметить, что уровень дифференциальных соматических клеток в молоке коз комбинированного направления был на 8,42% меньше.

На рисунке 1 представлена визуализация кластерного анализа для показателей молока коз разного направления продуктивности, проведенного взвешенным центроидным методом. Для молока молочных коз было выделено 4 кластера: 1 – пары ацетон-БГБ, ПЖК-ГЖК и стеариновая и миристиновая кислоты; 2 – пары КЦЖК-пальмитиновая кислота, МЖК-олеиновая кислота, а также отдельно стоящие СЦЖК и ДЦЖК; 3 – пара МДБ (истинный)-казеин, а также отдельно стоящие НЖК, МДЖ и лактоза; кластер 4 включал в себя мочевины и ДКСК. Отдельно были вынесены СОМО (между 3 и 4 кластерами) и КСК (в отдалении от всех 4 кластеров).

Кластеризация показателей молока коз комбинированной продуктивности была аналогичной, за исключением того, что СЦЖК и ДЦЖК образовывали отдельно стоящий кластер (рис. 1б).

Знание корреляционных связей между показателями молока коз разных направлений продуктивности является важным для планирования селекционной работы.

Расчет коэффициентов корреляции выявил, что характер связи между МДЖ и другими компонентами молока у коз с разной выраженностью молочной продуктивности был одинаковым как по силе, так и по направлению. Особенно близкими были значения (высокие, положительные, $r = 0,65 \dots 0,99$) коэффициентов корреляции между МЖД и содержанием жирных кислот – как насыщенных (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК), так и ненасыщенных (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК). Также для молочных коз и коз комбинированного направления продуктивности была определена аналогичная (отрицательная, средняя) связь между уровнем ацетона и БГБ, а между МДЖ и числом соматических клеток и их дифференциальными формами – отсутствие связи (табл. 2).

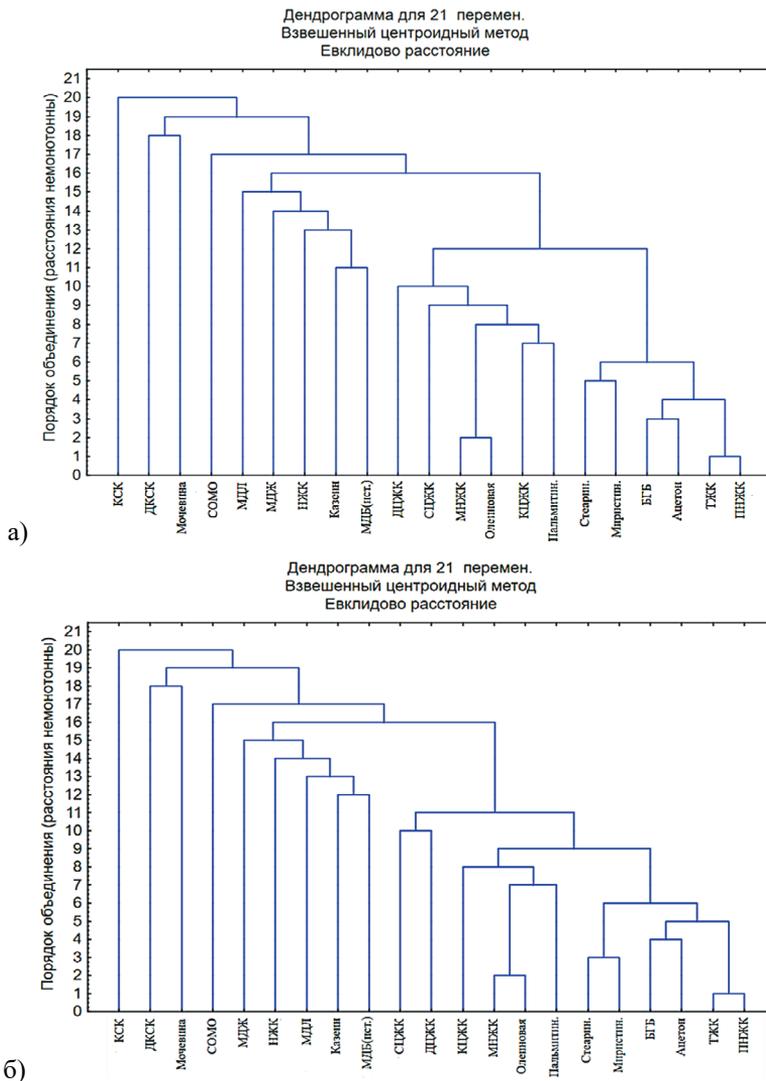


Рис. 1. Дендрограмма показателей молока коз:
а) молочной продуктивности; б) комбинированной продуктивности

**Коэффициенты корреляции между компонентами молока коз молочного (под диагональю)
и комбинированного (над диагональю) направлений продуктивности**

Показатель	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
МДЖ (1)		0,17	0,14	0,20	0,18	-0,38	-0,25	0,50	0,87	0,81	0,73	0,78	0,76	0,84	0,78	0,75	0,89	0,84	0,65	-	-
МДБ (2)	0,24		-0,38	0,78	0,99	-	-	0,16	0,28	0,28	-	-0,17	-0,23	0,31	-	-	-	-0,16	-0,15	-	-0,32
МДЛ (3)	0,24	0,19		0,27	-0,27	-0,41	-0,56	0,17	-	-0,16	0,26	0,44	0,52	-	0,35	0,26	-	0,43	0,17	-0,37	0,32
СОМО (4)	0,34	0,85	0,64		0,85	-0,38	-0,40	0,29	0,35	0,21	0,13	0,15	0,14	0,30	0,18	0,21	0,20	0,14	-	-0,15	-0,12
Казеин (5)	0,36	0,95	0,29	0,92		-0,19	-	0,25	0,38	0,33	-	-	-	0,38	-	0,12	0,19	-	-	-	-0,31
Ацетон (6)	-0,47	-0,14	-0,12	-0,20	-0,25		0,65	-0,37	-0,42	-0,24	-0,29	-0,41	-0,44	-0,37	-0,36	-0,38	-0,39	-0,49	-0,22	0,20	-
БГБ (7)	-0,35	-0,30	-	-0,27	-0,34	0,83		-0,31	-0,30	-0,15	-0,34	-0,45	-0,48	-0,25	-0,41	-0,35	-0,31	-0,45	-0,21	-	-0,23
Мочевина (8)	0,35	0,20	0,09	0,18	0,20	-0,21	-0,23		0,47	0,31	0,42	0,50	0,51	0,39	0,43	0,61	0,48	0,56	0,52	-0,16	-
Миристиновая (9)	0,90	0,20	0,24	0,31	0,34	-0,52	-0,30	0,31		0,92	0,67	0,69	0,64	0,97	0,72	0,73	0,96	0,84	0,57	-0,16	-
Пальмитиновая (10)	0,90	0,10	0,18	0,19	0,22	-0,43	-0,20	0,31	0,95		0,69	0,64	0,54	0,97	0,70	0,60	0,91	0,68	0,45	-	-
Стеариновая (11)	0,82	0,13	0,22	0,28	0,27	-0,37	-0,28	-	0,63	0,65		0,92	0,89	0,68	0,94	0,83	0,80	0,75	0,71	-	-
Олеиновая (12)	0,88	0,22	0,24	0,35	0,35	-0,40	-0,32	0,12	0,68	0,69	0,96		0,98	0,66	0,99	0,84	0,83	0,87	0,67	-0,15	0,14
ДЦЖК (13)	0,84	0,17	0,23	0,31	0,30	-0,37	-0,29	0,08	0,64	0,64	0,97	0,99		0,59	0,94	0,82	0,78	0,87	0,69	-0,18	0,15
СЦЖК (14)	0,91	0,26	0,17	0,32	0,38	-0,51	-0,30	0,34	0,98	0,97	0,64	0,70	0,65		0,71	0,62	0,95	0,76	0,45	-	-
МНЖК (15)	0,86	0,20	0,24	0,33	0,33	-0,37	-0,30	-	0,66	0,68	0,96	0,99	0,98	0,67		0,82	0,85	0,83	0,64	-	0,12

Показатель	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
ПНЖК (16)	0,85	0,12	0,26	0,28	0,27	-0,47	-0,38	0,19	0,70	0,68	0,89	0,91	0,89	0,67	0,91		0,79	0,83	0,88	-0,15	-
НЖК (17)	0,96	0,19	0,24	0,31	0,33	-0,50	-0,30	0,30	0,97	0,96	0,77	0,81	0,77	0,97	0,80	0,81		0,90	0,62	-0,15	-
КЦЖК (18)	0,93	0,14	0,24	0,27	0,29	-0,51	-0,31	0,31	0,95	0,91	0,72	0,77	0,73	0,93	0,75	0,82	0,98		0,69	-0,25	-
ТЖК (19)	0,54	-0,15	0,16	-	-	-0,42	-0,29	-	0,45	0,41	0,72	0,65	0,67	0,39	0,68	0,78	0,53	0,52		-	-
КСК (20)	-	0,29	-0,16	0,16	0,27	-	-0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,20
ДСК (21)	-	0,26	-	0,23	0,28	-	-0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,35

Примечание. Уровень достоверности корреляции – $p \leq 0,05$; $r = \pm 0,12$.

Для коз обоих направлений продуктивности в большинстве случаев отмечена однонаправленная связь между содержанием казеина и другими компонентами молока. При этом высокая положительная, близкая к единице ($r = 0,99$ и $0,95$), то есть функциональная связь, установлена между содержанием казеина и МДБ.

В характере связи между содержанием казеина и лактозы, казеина и ДКСК в молоке коз разного направления продуктивности выявлены различия (табл. 2). Так, для молока коз комбинированного направления продуктивности она была низкой отрицательной ($r = -0,27$ и $-0,31$), тогда как для молока молочных коз – низкой положительной ($r = 0,29$ и $0,28$). Еще большие различия установлены для МДБ. Если для молочных коз показатель МДБ слабо отрицательно коррелировал с ДЦЖК, КЦЖК, КСК и ДКСК ($r = -0,16 \dots -0,32$), то для молочно-мясных и мясо-молочных коз эта связь была слабо положительной ($r = 0,14 \dots 0,26$).

Выводы

1. Козы молочно-мясных, мясо-молочных направлений продуктивности достоверно превосходили молочных коз по массовой доле жира, белка, уровню насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, лактозы и мочевины в молоке.

2. Не установлены достоверные различия по общему содержанию соматических клеток у коз разных направлений продуктивности. Уровень дифференциальных клеток в молоке коз комбинированной продуктивности был достоверно ниже.

3. Характер связи между МДЖ и другими компонентами молока у коз с разной выраженностью молочной продуктивности был одинаковым как по силе, так и по направлению. Высокая положительная связь ($r = 0,65 \dots 0,99$) выявлена между МЖД и содержанием жирных кислот – как насыщенных (НЖК, ДЦЖК, СЦЖК), так и ненасыщенных (МНЖК, ПНЖК, КЦЖК).

4. В характере связи между содержанием казеина и лактозы, казеина и ДКСК в молоке коз разных направлений

продуктивности выявлены различия. Для коз комбинированного направления продуктивности она была низкой отрицательной ($r = -0,27$ и $-0,31$), для молочных коз – низкой положительной ($r = 0,29$ и $0,28$).

5. Установлены различия в направлении связи между МДБ и жирными кислотами, МДБ и уровнем соматических клеток в молоке молочных и коз комбинированного направления продуктивности. МДБ в молоке молочных коз слабо отрицательно коррелировала с ДЦЖК, КЦЖК, КСК и ДКСК ($r = -0,16\dots-0,32$), у молочно-мясных и мясо-молочных коз эта связь была слабо положительной ($r = 0,14\dots0,26$).

Библиографический список

1. *Вобликова Т.В.* Исследование аминокислотного профиля козьего молока и влияние процесса ферментации на содержание свободных аминокислот // Современная наука и инновации. – 2019. – № 2 (26). – С. 101–107. DOI:10.33236/2307–910X-2019–2–26–101–107.

2. *Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л., Агибаева А.Ж.* Творожный продукт специального питания на основе козьего молока // Молочная промышленность. – 2022. – № 8. – С. 40–41. DOI:10.31515/1019–8946–2022–08–40–41.

3. *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.

4. *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.

5. *Жижин Н.А.* Оценка жирнокислотного состава коровьего и козьего молока с точки зрения функционального воздействия на организм человека // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. – 2020. – Т. 1, № 1. – С. 181–186. DOI:10.37442/978–5–6043854–1–8–2020–1–181–186.

6. *Садовой В.В., Вобликова Т.В., Пермиков А.В.* Жирнокислотный состав козьего и овечьего молока и его трансформация в процессе производства йогурта // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 555–562. DOI:10.21603/2074–9414–2019–4–555–562.

7. *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.

8. *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.

9. *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.

10. *Щетинина Е.М., Ходырева З.Р.* Исследования состава и свойств молока, полученного от разных пород коз // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 159–163.

11. *Miller B.A., Lu C.D.* Current status of global dairy goat production: an overview // Asian-Australas J Anim Sci. – 2019. – № 32. – Pp. 1219–1232.

12. Oviedo-Boyso J., Valdez-Alarcón J.J., Cajero-Juárez M., Ochoa-Zarzosa A., López-Meza J.E., Bravo-Patiño A., Baizabal-Aguirre V.M. Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis // Journal of Infection. – 2007. – № 54 (4). – Pp. 399–409. DOI: 10.1016/j.jinf.2006.06.010.

13. Sordillo L.M., Shafer-Weaver K., DeRosa D. Immunobiology of the mammary gland // Journal of Dairy Science. – 1997. – № 80 (8). – Pp. 1851–1865. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(97)76121-6.

CHARACTERISTICS OF THE CORRELATIONS BETWEEN MILK COMPONENTS OF DAIRY GOATS, MEAT-DAIRY GOATS AND DAIRY-MEAT ONES

V.I. TRUKHACHEV¹, M.I. SELIONOVA¹, A.M.M. AYBAZOV¹,
M.YU. GLADKIKH¹, I.A. LASHNEVA², D.D. SIDORENKO¹

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

Dairy goat breeding is developing dynamically in the world and in Russia. To scientifically substantiate the breeding strategy of dairy goats, meat-dairy goats and dairy-meat ones, it is necessary to expand information about the composition of goat milk and the nature of correlations between its components. In the article, the composition of goat milk of dairy goats, meat-dairy goats and dairy-meat ones is considered in the comparative aspect. The correlation coefficients between the indicators studied by infrared spectroscopy and flow cytometry using automatic CombiFoss 7 DC analyzer are presented. It was found that milk of dairy-meat and meat-dairy goats significantly exceeded milk of dairy goats in terms of the mass fraction of fat, protein, levels of saturated and unsaturated fatty acids, lactose and urea. At the same time, the level of differential cells was significantly lower. The nature of the relationship between mass fraction of fat and other components of milk in goats with different severity of milk productivity was the same both in strength and in orientation. A high positive relationship ($r = 0.65 \dots 0.99$) was revealed between the mass fraction of fat and the content of fatty acids, both saturated (SFA, LCFA, MCFA) and unsaturated (MUFA, PUFA, SCFA). Differences in the nature of the relationship between the content of casein and lactose, casein and DSCC were established. For milk of dairy-meat and meat-dairy goats, it was low negative ($r = -0.27$ and -0.31), for milk of dairy goats – low positive ($r = 0.29$ and 0.28). Differences were also found between mass fraction of true protein and fatty acids, MDB and the level of somatic cells. Mass fraction of true protein in milk of dairy goats was weakly negatively correlated with LCFA, SCFA, KSK and DSCC ($r = -0.16 \dots -0.32$), in milk of dairy-meat and meat-dairy goats this relationship was weakly positive ($r = 0.14 \dots 0.26$).

Key words: goats, milk, IR-spectra, somatic cells, correlation.

The research was carried out with the financial support of the RSF within the framework of project No. 21-76-20008.

References

1. Voblikova T.V. Issledovanie aminokislotnogo profilya koz'ego moloka i vliyanie processa fermentatsii na sodержanie svobodnykh aminokislot [Study of the amino acid profile of goat milk and the effect of the fermentation process on the free amino acid content]. *Sovremennaya nauka i innovatsii*. 2019; 2 (26): 101–107. DOI: 10.33236/2307-910X-2019-2-26-101-107 (In Rus.)

2. *Gavrilova N.B., Chernopol'skaya N.L., Agibaeva A.Zh.* Tvorozhniy produkt spetsial'nogo pitaniya na osnove koz'ego moloka [Goat milk-based speciality curd product]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2022; 8: 40–41. DOI:10.31515/1019–8946–2022–08–40–41 (In Rus.)

3. *Gavrilova N.B., Chernopol'skaya N.L., Shchetinina E.M.* Tekhnologicheskiy potentsial koz'ego moloka [Technological potential of goat milk]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2021; 10: 56–58. DOI:10.31515/1019–8946–2021–10–56–58 (In Rus.)

4. *Erokhin A.I., Karasev E.A., Erokhin S.A.* Dinamika pogolov'ya koz i proizvodstva koz'ego moloka i myasa v mire i v Rossii [Dynamics of goat populations and goat milk and meat production worldwide and in Russia]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo*. 2020; 4: 22–25. DOI:10.26897/2074–0840–2020–4–22–25 (In Rus.)

5. *Zhizhin N.A.* Otsenka zhirnokislотного состава коров'его i koz'ego moloka s toчки zreniya funktsional'nogo vozdeystviya na organizm cheloveka [Assessment of the fatty acid composition of cow's and goat's milk in terms of functional impact on the human body]. *Aktual'nye voprosy molochnoy promyshlennosti, mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom*. 2020; 1 (1): 181–186. DOI:10.37442/978–5–6043854–1–8–2020–1–181–186 (In Rus.)

6. *Sadovoy V.V., Voblikova T.V., Permyakov A.V.* Zhirnokislотный состав koz'ego i ovech'ego moloka i ego transformatsiya v protsesse proizvodstva yogurt [Fatty acid composition of goat and sheep milk and its transformation in yoghurt production]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2019; 49 (4): 555–562. DOI: 10.21603/2074–9414–2019–4–555–562 (In Rus.)

7. *Sermyagin A.A., Lashneva I.A., Kositsin A.A., Ignat'eva L.P., Artem'eva O.A., Sölkner J., Zinov'eva N.A.* Morfologicheskiy sostav somaticheskikh kletok v moloke korov kak kriteriy otsenki zdorov'ya molochnoy zhelezy v svyazi s produktivnost'yu i komponentami moloka [Morphological composition of somatic cells in cow milk as a criterion for assessing mammary gland health in relation to productivity and milk components]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2021; 56 (6): 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus (In Rus.)

8. *Shuvarikov A.S., Pastukh O.N.* Vliyaniye porody koz na sostav i tekhnologicheskie svoystva moloka [Effect of goat breed on milk composition and processing properties]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 20-letiyu pervogo vypuska tekhnologov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva*. 2018: 227–231. (In Rus.)

9. *Shuvarikov A.S., Kanina K.A., Robkova T.O., Yurova E.A.* Sostav i svoystva ovech'ego, koz'ego i korov'ego moloka [Composition and properties of sheep, goat and cow milk]. *Fermer. Chernozem'e*. 2019; 6 (27): 46–47. (In Rus.)

10. *Shchetinina E.M., Khodyreva Z.R.* Issledovaniya sostava i svoystv moloka, poluchennogo ot raznykh porod koz [Studies on the composition and properties of milk from different goat breeds]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014; 4 (114): 159–163. (In Rus.)

11. *Miller B.A., Lu C.D.* Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019; 32: 1219–1232.

12. *Oviedo-Boyso J., Valdez-Alarcón J.J., Cajero-Juárez M., Ochoa-Zarzosa A., López-Meza J.E., Bravo-Patiño A., Baizabal-Aguirre V.M.* Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. *Journal of Infection*. 2007; 54 (4): 399–409. DOI: 10.1016/j.jinf.2006.06.010

13. *Sordillo L.M., Shafer-Weaver K., DeRosa D.* Immunobiology of the mammary gland. *Journal of Dairy Science*. 1997; 80 (8): 1851–1865. DOI:10.3168/jds.S0022–0302(97)76121–6

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

Селионова Марина Ивановна, д-р биол. наук, профессор РАН, заведующий кафедрой разведения, генетики и биотехнологии животных, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 52; e-mail: selionova@rgau-msha.ru; тел.: (968) 266–33–03)

Айбазов Али-Магомет Муссаевич, д-р с.-х. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 52; e-mail: velikii-1@yandex.ru; тел.: (938) 351–01–02)

Гладких Марианна Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; ул. Тимирязевская, 52; e-mail: marianna@timacad.ru; тел.: (919) 970–72–97)

Лашнева Ирина Алексеевна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории анализа и моделирования селекционных процессов в животноводстве, ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста (142132, Московская область, городской округ Подольск, пос. Дубровицы, 60; e-mail: lashnevair@gmail.com; тел.: (926) 413–41–78)

Сидоренко Дарья Дмитриевна, магистрант кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 52; e-mail: sidorenkodaria2000@mail.ru; тел.: (999) 836–79–07)

Vladimir I. Trukhachev, DSc (Ag), Professor, DSc (Ec), Professor, RAS Academician (Full Member), Rector of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 976–12–96; E-mail: rector@rgau-msha.ru)

Marina I. Selionova, DSc (Bio), RAS Professor, Head of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (968) 266–33–03; E-mail: selionova@rgau-msha.ru)

Ali-Magomet M. Aybazov, DSc (Ag), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (938) 351–01–02; E-mail: velikii-1@yandex.ru)

Marianne Yu. Gladkikh, PhD (Ag), Associate Professor of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (919) 970–72–97; E-mail: marianna@timacad.ru)

Irina A. Lashneva, post-graduate student, Junior Research Associate of the Laboratory of Analysis and Modeling of Breeding Processes in Animal Husbandry, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst (60 Dubrovitsy v., Podolsk City District, Moscow Region, 142132, Russian Federation; phone: (926) 413–41–78; E-mail: lashnevair@gmail.com)

Dar'ya D. Sidorenko, Master's Degree Student of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (999) 836–79–07; E-mail: sidorenkodaria2000@mail.ru)