

Маргарита Васильевна Забелина, д-р биол. наук, профессор

Тимур Бахтиёрович Ледяев, аспирант

Людмила Викторовна Ступина, канд. вет. наук, доцент

Лариса Геннадиевна Ловцова, канд. техн. наук, доцент

Андрей Владимирович Данилин, канд. техн. наук

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, Саратов

УДК 636:637.04.637.045

DOI: 10.31515/2073-4018-2023-3-52-55

Оценка биологической ценности молока коз зааненской и нубийской породы

Проведен сравнительный анализ биологической ценности молока коз зааненской и нубийской породы. В молоке первой и третьей лактации у коз зааненской породы суммарное содержание аминокислот в составе протеина молока выше, чем нубийских козочек на 11,86 % ($P \leq 0,001$). Индекс аминокислотного состава – отношение НАК/ЗАК молока у коз нубийской породы по обеим лактациям (3,39–3,45 %) (0,73–0,65) выше, чем у зааненской породы (3,04–3,21 %) (0,67–0,63 соответственно). Молоко коз зааненской породы первой лактации содержит больше лейцина, изолейцина и валина на 7,14 ($P \leq 0,001$); 17,65 ($P \leq 0,001$) и 15,15 % соответственно; по третьей лактации – на 11,63 ($P \leq 0,001$), 33,33 ($P \leq 0,001$) и 20,58 % ($P \leq 0,001$) соответственно по отношению к нубийской породе. В целом молоко подопытных козочек обеих лактаций и пород соответствует рекомендациям ФАО/ВОЗ по оценке уровня незаменимых аминокислот в белке исследуемого молока относительно содержания их в эталонном белке. Это позволяет рекомендовать козье молоко в качестве сырья при производстве высокоценных молочных продуктов, в том числе для терапевтических целей.

Ключевые слова: козы молочных пород, зааненская, нубийская, биологическая ценность молока, эссенциальные аминокислоты, аминокислотный скор.

Zabelina M. V., Ledyayev T. B., Lovtsova L. G., Stupina L. V., Danilin A. V.
Assessment of the biological value of milk by its amino acid composition in Nubian and Saanen goats
Saratov State Vavilov University of Genetics, Biotechnology and Engineering

The purpose of this work is a comparative analysis of the biological value of the milk of goats of the saanen and nubian breeds. In the milk of the first and third lactations in saanen goats, the total content of amino acids in the composition of milk protein is higher than that of nubian goats (author, there are no standard errors in 11,86 % ($P \leq 0,001$) for protein content in the text). The amino acid composition index (decipher) of milk in goats of the nubian breed (3,39–3,45 %) (0,73–0,65) is higher than that of the saanen breed (3,04–3,21 %) (0,67–0,63). The milk of goats of the saanen breed of the 1st lactation contains more leucine, isoleucine and valine in 7,14 ($P \leq 0,001$); 17,65 ($P \leq 0,001$) and 15,15 %; according to III lactation is not 11,63 ($P \leq 0,001$), 33,33 ($P \leq 0,001$) and 20,58 % ($P \leq 0,001$) mutually in relation to the nubian breed. In general, the milk of experimental goats of both lactations and breeds complies with the recommendations of the FAO/VOZ for assessing the level of essential amino acids in the protein of the milk under study relative to their content in the reference protein. This makes it possible to recommend goat's milk as a raw material in the production of high-value dairy products, including for therapeutic purposes.

Key words: dairy goats, saanen, nubian, biological value of milk, essential amino acids, amino acid score.

Согласно концепции сбалансированного питания для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо определенное количество энергии и питательных веществ — белков, аминокислот, жирных кислот, макро- и микроэлементов, витаминов [1, 2]. В настоящее время у населения России в отношении пищевого белка отмечается дефицит, который по прогнозам аналитиков сохранится в ближайшем будущем. Структура компонентов козьего молока способствует его широкому применению. Оно обогащает организм человека биологически-качественными белками и жирами, витаминами и микроэлементами [3, 7, 12, 13].

Белки молока разных видов животных разделяются на казеин и сывороточные белки, при этом казеин подразделяется на четыре фракции: α -s₁, α -s₂, β - и κ -казеин. В козьем молоке фракция α -s₁ практически отсутствует или содержится в следовом количестве, поэтому оно является гипоаллергенным продуктом питания и считается диетическим, так как оно облегчает пищеварительный процесс, способствует лучшему усвоению молочных продуктов [5, 11, 6].

Козье молоко, как и коровье, относится к группе казеин-предоминантных продуктов, при этом соотношение казеина и сывороточных белков в обоих видах молока схоже и составляет 75:25 и 80:20 соответственно. Белки козьего молока отличаются от коровьего по фракционному составу, структурным, физико-химическим и иммунологическим свойствам. Различия в составе и структуре белков козьего и коровьего молока лежат в основе различий и других их свойств. Так, отсутствие или низкое содержание в козьем молоке α -s₁-казеина и относительно высокое содержание альбуминов в отличие от коровьего молока способствует формированию более мягкого, небольших размеров сгустка и мелких неплотных хлопьев, что облегчает переваривание молока протеолитическими ферментами [9].

В целом козье молоко представляет собой уникальный биологический ресурс, который можно использовать при создании продуктов, предназначенных, в первую очередь, для детского питания, а также в рационах людей разных возрастных групп.

Цель работы — исследовать содержание и аминокислотный состав белка молока на последовательных лактациях у коз двух пород и дать сравнительную оценку биологической ценности молока с учетом номера лактации и породных отличий.

Материалы и методы

Экспериментальная часть исследования была проведена в ООО «Зооцентр Гармония», п. Поливановка Саратовской области в 2021–2022 гг. Объект исследования — козочка двух пород — зааненская молочного направления и нубийская мясо-молочного направления продуктивности. Были сформированы две группы животных по 10 голов в каждой (по первой и третьей лактациям) по

принципу сверстниц, с учетом происхождения, возраста, состояния здоровья, живой массы и продуктивности. Условия содержания и кормления были одинаковыми. Массовую долю аминокислот в молоке определяли в третьем месяце каждой лактации методом капиллярного электрофореза (КЭФ) на системе капиллярного электрофореза «Капель-105М» производства компании «Люмэкс» (Россия, Санкт-Петербург) в учебной научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. Аминокислотный скор (АС, %) определяли по формуле:

$$AC_j = \frac{A_j}{A_3} \times 100,$$

где A_j — содержание j -й незаменимой аминокислоты в составе белковой части исследуемого продукта, г/100 г белка; A_3 — содержание каждой незаменимой аминокислоты в составе идеального (эталонного) белка, г/100 г белка.

Результаты и обсуждение

Значимость молока, как продукта белкового происхождения, проявляется за счет содержания в нем белков, и, что самое важное, хорошим сбалансированным составом аминокислот. Биологическая ценность белковых компонентов в основном связана с их способностью быть исходным материалом для формирования фонда аминокислот и синтеза белков во всех органах и тканях, поэтому одним из важнейших показателей качества молока становится аминокислотный состав его белков. Биологическая ценность белков молока определяется не только общим содержанием в нем аминокислот, но и их соотношением [4, 10].

Данные по составу аминокислот молока, полученного от козочек разных генотипов, представлены в табл. 1 и 2.

Исследования козьего молока на содержание аминокислот показали, что молоко коз зааненской породы первой лактации содержит больше валина, изолейцина и лейцина по сравнению с нубийскими козочками — на 7,14 ($P \leq 0,001$); 17,65 ($P \leq 0,001$) и 15,15 % соответственно; по третьей лактации — на 11,63 ($P \leq 0,001$), 33,33 ($P \leq 0,001$) и 20,58 % ($P \leq 0,001$) соответственно. По содержанию в молоке общего белка зааненские козы также имеют преимущество по сравнению с козами нубийской породы — на 11,86 % ($P \leq 0,001$).

Показательно, что в козьем молоке достаточно высокое содержание таких заменимых аминокислот, как гистидин, а также серосодержащей аминокислоты цистин. Роль этих аминокислот для нормального протекания физиологических процессов в организме невозможно недооценить.

По содержанию в молоке коз таких важнейших аминокислот как цистин и гистидин наметилась такая же тенденция — по первой лактации превосходство коз зааненской породы над сверстниками нубийской составила 14,29 ($P \leq 0,001$) и 23,53 % ($P \leq 0,001$); а по третьей лактации — 26,67 ($P \leq 0,001$) и 3,85 % ($P \leq 0,001$) соответственно.

По содержанию в молоке общего белка зааненские козы также имеют преимущество по сравнению с козами нубийской породы — на 13,85 % ($P \leq 0,001$).

Данными исследований подтверждено, что в молоке коз зааненской породы как первой, так и третьей лактаций суммарное содержание аминокислот в составе протеина молока выше, чем в белке молока нубийских козочек. Их разница составила 12,6 % для первой лактации и 17,1 % для третьей.

Таким образом, очевидно, что молоко коз обеих пород и лактаций содержит в своем составе оптимальное количество аминокислот. Их сумма в отношении к протеину составила от 85,9 до 88,5 %.

Согласно рекомендации рационального (сбалансированного) питания [4] соотношение незаменимых и заменимых аминокислот в рационе должно быть 0,56–0,67. Результаты исследований молока зааненских и нубийских коз показали, что отношение класса незаменимых аминокислот к классу заменимых аминокислот за пер-

Таблица 1

Содержание аминокислот в молоке коз зааненской породы ($M \pm m, n=10$)

Компонент	Группы			
	I		II	
	первая лактация		третья лактация	
	г/100 г	% к протеину	г/100 г	% к протеину
Белок	6,6±0,04*	100	7,4±0,02*	100
Содержание незаменимых аминокислот:	2,33	35,3	2,58	34,86
валин (Val)	0,45±0,001*	6,82	0,48±0,002*	6,49
изолейцин (Ile)	0,20±0,001*	3,03	0,24±0,002*	3,24
лейцин (Leu)	0,38±0,001*	5,76	0,41±0,001*	5,54
лизин (Lys)	0,27±0,014	4,09	0,31±0,017	4,19
метионин (Met)	0,26±0,017	3,94	0,30±0,019	4,05
треонин (Thr)	0,36±0,018	5,45	0,39±0,012	5,27
триптофан (Trp)	0,07±0,007	1,06	0,08±0,002	1,08
фенилаланин (Phe)	0,34±0,018	5,15	0,37±0,011	5,00
Содержание заменимых аминокислот:	3,38	51,14	3,97	53,65
аспарагиновая кислота (Asp)	0,27±0,013	4,15	0,31±0,014	4,19
серин (Ser)	0,25±0,009	3,85	0,32±0,011	4,32
глутаминовая кислота (Glu)	0,74±0,013	11,17	0,86±0,011	11,62
пролин (Pro)	0,47±0,01	7,08	0,54±0,01	7,30
цистин (Cys)	0,16±0,001*	2,39	0,19±0,001*	2,57
глицин (Gly)	0,16±0,011	2,39	0,21±0,011	2,84
аланин (Ala)	0,23±0,015	3,47	0,26±0,013	3,51
тирозин (Tyr)	0,30±0,010	4,53	0,37±0,015	5,00
гистидин (His)	0,21±0,001*	3,17	0,27±0,003*	3,65
аргинин (Arg)	0,59±0,008	8,94	0,64±0,015	8,65
Сумма аминокислот	5,71	86,44	6,55	88,51

* $P < 0,001$ по t – критерию при сравнении с нубийской породой.

Таблица 2

Содержание аминокислот в молоке коз нубийской породы
($M \pm m$, $n=10$)

Компонент	Группы			
	I		II	
	первая лактация		третья лактация	
	г/100 г	% к протеину	г/100 г	% к протеину
Белок	5,9±0,02	100	6,5±0,03	100
Содержание незаменимых аминокислот:	2,17	36,8	2,24	34,5
валин (Val)	0,42±0,002	7,12	0,43±0,002	6,62
изолейцин (Ile)	0,17±0,001	2,88	0,18±0,001	2,77
лейцин (Leu)	0,33±0,001	5,59	0,34±0,002	5,23
лизин (Lys)	0,24±0,011	4,07	0,25±0,007	3,85
метионин (Met)	0,21±0,020	3,56	0,22±0,016	3,38
треонин (Thr)	0,32±0,011	5,42	0,33±0,013	5,08
триптофан (Trp)	0,06±0,002	1,02	0,065±0,004	1,00
фенилаланин (Phe)	0,42±0,011	7,12	0,43±0,016	6,62
Содержание заменимых аминокислот:	2,90	49,15	3,35	51,54
аспарагиновая кислота (Asp)	0,23±0,011	3,90	0,24±0,008	3,69
серин (Ser)	0,21±0,010	3,56	0,25±0,011	3,85
глутаминовая кислота (Glu)	0,68±0,010	11,53	0,72±0,013	11,08
пролин (Pro)	0,41±0,009	6,95	0,42±0,009	6,46
цистин (Cys)	0,14±0,002	2,37	0,15±0,004	2,31
глицин (Gly)	0,13±0,008	2,20	0,15±0,007	2,31
аланин (Ala)	0,18±0,008	3,05	0,22±0,011	3,38
тирозин (Tyr)	0,24±0,013	4,07	0,25±0,018	3,85
гистидин (His)	0,17±0,003	2,88	0,26±0,004	4,00
аргинин (Arg)	0,51±0,013	8,64	0,69±0,018	10,62
Сумма аминокислот	5,07	85,93	5,595	86,08

вую лактацию составляет 0,67–0,73, а за третью лактацию — 0,63–0,65 соответственно, что практически согласуется с рекомендациями.

Среднесуточная норма потребления молока в суточном рационе взрослого человека составляет 200 г. Основываясь на этом, было рассчитано, насколько молоко коз удовлетворяет потребность человеческого организма в аминокислотах (табл. 3–4).

Данные таблиц 3–4 показывают, что потребность организма человека в белках животного происхождения на 3,0–3,2 % может обеспечиваться за счет белка молока коз зааненской породы и на 3,4–3,5 % — нубийской. Исходя из этого, видно, что наибольшую ценность в этом отношении представляет молоко коз нубийской породы. Почти все аминокислоты имеют высокие значения, при этом исключение составляют аспарагиновая кислота, серин, глицин, аланин. Процентный вклад в норматив суточного потребления их с молоком по первой и третьей лактациям у зааненских козочек составляет 4,4–5,1; 6,0–7,7; 9,1–12,0 и 9,1–7,9 соответственно; нубийских козочек — 3,8–3,9; 5,1–6,0; 7,4–8,6 и 5,5–6,7 соответственно.

Таблица 3

Степень соответствия молока коз зааненской породы нормам сбалансированного питания человека, %

Пищевой компонент	Среднесуточная потребность, г (норма)	Группы	
		I	II
		первая лактация	третья лактация
Белки животного происхождения	85	3,04	3,21
Незаменимые аминокислоты			
Валин (Val)	2,5	36,0	38,4
Изолейцин (Ile)	2,0	20,0	24,0
Лейцин (Leu)	4,6	16,5	17,8
Лизин (Lys)	4,1	13,2	15,1
Метионин (Met)	1,8	28,9	33,3
Треонин (Thr)	2,4	30,0	32,5
Триптофан (Trp)	0,8	17,5	20,0
Фенилаланин (Phe)	4,4	15,5	16,8
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая кислота (Asp)	12,2	4,4	5,1
Серин (Ser)	8,3	6,0	7,7
Глутаминовая кислота (Glu)	13,6	10,9	12,6
Пролин (Pro)	4,5	20,9	24,0
Цистин (Cys)	–	–	–
Глицин (Gly)	3,5	9,1	12,0
Аланин (Ala)	6,6	9,1	7,9
Тирозин (Tyr)	–	–	–
Гистидин (His)	2,1	20,0	25,7
Аргинин (Arg)	6,1	19,3	21,0

Следует отметить, что качество белка определяется не только общим количеством аминокислот, но и их количественным содержанием и оптимальным соотношением в нем. Теоретически идеальный процентный вклад в норматив суточного потребления триптофана, метионина и лизина с молоком должен составлять 1,5:2,1:7, при этом рацион должен быть полноценным не только по количеству, но и по качеству белков.

При определении баланса рациона по белковым веществам очень важно больше внимания уделять соблюдению индивидуальных пропорций аминокислот. Пищевые белки лучше усваиваются, когда аминокислотный состав рациона сбалансирован. Недостаток незаменимых аминокислот в рационе или их дисбаланс (т. е. нарушение идеального соотношения между аминокислотами) приводит к задержке роста и развития, а также появлению различных нарушений в организме. Согласно формуле рационального питания [8], для оптимальной усвояемости белка процентный вклад триптофана, метионина и лизина в величину нормативного суточного потребления белка с молоком должен удовлетворять следующему условию — 1:2–4:3–5.

Обобщая результаты проведенного исследования, можно констатировать, что молоко подопытных козочек обеих лактаций и пород в полной мере соответствует вышеизложенным требованиям. Процентный

Таблица 4
Степень соответствия молока коз нубийской породы нормам сбалансированного питания человека, %

Пищевой компонент	Среднесуточная потребность, г (норма)	Группы	
		I	II
		первая лактация	третья лактация
Белки животного происхождения	85	3,39	3,45
Незаменимые аминокислоты			
Валин (Val)	2,5	33,6	34,4
Изолейцин (Ile)	2,0	17,0	18,0
Лейцин (Leu)	4,6	14,3	14,8
Лизин (Lys)	4,1	11,7	12,2
Метионин (Met)	1,8	23,3	24,4
Треонин (Thr)	2,4	26,7	27,5
Триптофан (Trp)	0,8	15,0	16,3
Фенилаланин (Phe)	4,4	19,1	19,5
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая кислота (Asp)	12,2	3,8	3,9
Серин (Ser)	8,3	5,1	6,0
Глутаминовая кислота (Glu)	13,6	10,0	10,6
Пролин (Pro)	4,5	18,2	18,7
Цистин (Cys)	-	-	-
Глицин (Gly)	3,5	7,4	8,6
Аланин (Ala)	6,6	5,5	6,7
Тирозин (Tyr)	-	-	-
Гистидин (His)	2,1	16,2	24,8
Аргинин (Arg)	6,1	16,7	22,6

вклад триптофана, метионина и лизина в величину нормативного суточного потребления белка с молоком коз (%): молоко зааненской породы первой группы первой лактации — 1–3,71–3,86, второй группы третьей лактации — 1–3,75–3,86; нубийской породы третьей группы первой лактации — 1–3,50–4,00, четвертой группы третьей лактации — 1–3,38–3,85. (Примечание: условие высокой усвояемости белка — 1:2–4:3–5 (Покровский, 1981). Более объективная картина, определяющая пищевую ценность исследуемого молока коз зааненской и нубийской породы первой и третьей лактации, выявляется при расчете аминокислотного сора (г аминокислоты/100 г белка в анализируемом продукте)/(то же по нормам ФАО/ВОЗ) — основного показателя биологической ценности белка (табл. 5–6).

Список литературы

- Анцыперова, М. А. Белковая и липидная составляющая коровьего, козьего молока и низколактозного напитка на козьем молоке/М. А. Анцыперова, Т. П. Арсеньева // Молочное хозяйство. 2019. №3. С. 76–87. EDN THENWT.
- Гаврилова, Н. Б. Козье молоко — биологически полноценное сырье для специализированной пищевой продукции/Н. Б. Гаврилова, Е. М. Щетинина // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. №1. С. 66–75. EDN ZGZTID.
- Горлов, И. Ф. Повышение биологической ценности козьего молока/И. Ф. Горлов, А. А. Короткова, В. Н. Храмова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2015. №1. С. 60–63.

Таблица 5
Аминокислотный скор белка молока коз зааненской породы

Аминокислота	Шкала ФАО/ВОЗ, г/100 г	Группы	
		I	II
		первая лактация	третья лактация
Аминокислотный скор, %			
Валин	5,0	1,36	1,30
Изолейцин	4,0	0,76	0,81
Лейцин	7,0	0,82	0,79
Лизин	5,5	0,74	0,76
Метионин+цистин	3,5	1,82	1,89
Треонин	4,0	1,36	1,32
Триптофан	1,0	1,06	1,08
Фенилаланин+тирозин	6,0	1,62	1,67

Таблица 6
Аминокислотный скор белка молока коз нубийской породы

Аминокислота	Шкала ФАО/ВОЗ, г/100 г	Группы	
		I	II
		первая лактация	третья лактация
Аминокислотный скор, %			
Валин	5,0	1,42	1,32
Изолейцин	4,0	0,72	0,69
Лейцин	7,0	0,80	0,75
Лизин	5,5	0,74	0,70
Метионин+цистин	3,5	1,69	1,63
Треонин	4,0	1,36	1,27
Триптофан	1,0	1,02	1,00
Фенилаланин+тирозин	6,0	1,86	1,74

- Донченко, Л. В. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания/Л. В. Донченко, В. Д. Надькта. — М.: Пищевая промышленность, 1999. — 352 с.
- Захарова, И. Н. Козье молоко в питании детей с функциональными нарушениями желудочно-кишечного тракта/И. Н. Захарова, Н. Г. Сугян, А. П. Глотова // Медицинский совет. 2020. №18. С. 103–109. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-18-103-109>
- Захарова, И. Н. Особенности функционального состава козьего молока и его значение в качестве основы для детских смесей/И. Н. Захарова, А. Н. Цуцаева, Л. Я. Климов // Медицинский совет. 2022. Т. 16. №12. С. 58–63. — DOI 10.21518/2079-701X-2022-16-12-58-63. — EDN XHNYUD
- Кулажанов, К. С. Определение аминокислотной сбалансированности белков кисломолочных продуктов для геродиетического питания/К. С. Кулажанов [и др.] // Вестник Алматинского технологического университета. 2020. №3. С. 14–19. DOI: 10.48184/2304-568X-2020-3-14-19. — EDN CKFITZ
- Покровский, А. А. К проблеме определения потребности человека в пищевых веществах/А. А. Покровский // «Вестник АМН СССР», 1981. №5. С. 3–12.
- Bevilacqua, C. et al. Goat's milk of defective alpha (s1) — casein genotype decreases intestinal and systemic sensitization to beta-lactoglobulin in guinea pigs. J. Dairy Res. 2001; 68: 217–227.; 2. Pintado M. E., Malcata F. X. Hydrolyses of ovine, caprine and bovine whey proteins by trypsin and pepsin. Bioproc. Engineering. 2000; 23: 275–282.
- Gerchev, G. Amino acid composition of milk from Tsigai and Karakachanska sheep breeds in the central Balkan mountains/G. Gerchev, G. Mihaylova, I. Tsochev // Biotech Anim. Husbandry. 2005. Vol. 21. P. 111–115.
- Prosser, C. G. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula/C. G. Prosser // J Food Sci. 2021. Vol. 86. N 2. P. 257–265.
- Ruiz Morales, F. A. Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Europe/F. A. Ruiz Morales, J. M. Castel Genis, Y. M. Guerrero // Asian-Austr. J. Anim Sci. 2019. Vol. 32. N. 8. P. 1256–1265. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0327>
- Verduci, E. Cow's milk substitutes for children: nutritional aspects of milk from different mammalian species, special formula and plant-based beverages/E. Verduci [et al.] // Nutrients. 2019. Vol. 11. N 8. P. 17–39. <https://doi.org/10.3390/nu11081739>