

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2459>
<https://elibrary.ru/VFHZYF>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Сезонные изменения биологической ценности белков молока ослиц киргизской породы



Н. К. Турганбаева^{1,*}, М. М. Мусульманова²,
Н. А. Кыдыралиев¹

¹ Кыргызско-Турецкий университет Манас^{ROR}, Бишкек, Кыргызская Республика

² Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова^{ROR},
Бишкек, Кыргызская Республика

Поступила в редакцию: 10.02.2023
Принята после рецензирования: 24.04.2023
Принята к публикации: 02.05.2023

*Н. К. Турганбаева: nadira.turganbaeva@manas.edu.kg,
<https://orcid.org/0000-0002-7620-9236>
М. М. Мусульманова: <https://orcid.org/0000-0002-4205-2875>
Н. А. Кыдыралиев: <https://orcid.org/0000-0002-6168-8772>

© Н. К. Турганбаева, М. М. Мусульманова,
Н. А. Кыдыралиев, 2023



Аннотация.

Молоко ослиц – это полифункциональный продукт с антиоксидантной, противовоспалительной, омолаживающей, противомикробной и противоопухолевой активностями. Широкий спектр физиологических свойств обусловлен его белковым компонентом. Молоко ослиц киргизской породы в этом аспекте практически не изучено. Цель исследования – анализ аминокислотного профиля молока ослиц, обитающих в горной местности Кыргызстана, в зависимости от сезона года, а также оценка его биологической ценности.

Использовали молоко ослиц киргизской породы, которых разводят в Чуйской области Кыргызстана. Образцы ослиного молока собирали в апреле, июле и сентябре. Аминокислотный состав белков молока определяли методом капиллярного электрофореза. Биологическую ценность белков оценивали по аминокислотному скору, индексу незаменимых аминокислот (индекс Осера), коэффициенту утилитарности незаменимых аминокислот и коэффициенту утилитарности аминокислотного состава.

В белке молока ослиц киргизской породы выделили и идентифицировали 18 аминокислот, в том числе 8 незаменимых. Общее содержание аминокислот в весеннем молоке составило 1840,07 мг/100 г, летом этот показатель увеличился до 2037 мг/100 г (максимальное значение), а к осеннему периоду снизился до 1264,35 мг/100 г. Это связано с изменением рациона кормления. Отношение незаменимых аминокислот к заменимым близко к единице. Содержание аргинина в весеннем молоке ослиц более чем в 2,5 раза выше по сравнению с осенним. Около 1/3 незаменимых аминокислот составляют лейцин и изолейцин (322,60 ± 19,35 мг/100 г молока). В летнем молоке отмечено максимальное содержание других незаменимых аминокислот, кроме валина и триптофана, которые для ослиного молока являются лимитирующими в осенний период. Суммы незаменимых аминокислот в белке исследованного ослиного молока весеннего, летнего и осеннего удоя составили 54,24, 59,26 и 34,77 г/100 г соответственно, что превышает значение в эталонном белке (27,46 г/100 г).

Белки молока ослиц киргизской породы характеризуются высокой биологической ценностью, независимо от сезона года. Полученные результаты свидетельствуют о потенциальной возможности использования ослиного молока в составе новых продуктов функционального (специального) назначения.

Ключевые слова. Ослиное молоко, белок, аминокислотный состав, незаменимые аминокислоты, аминокислотный скор, функциональное питание

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта, финансируемого Министерством образования и науки Кыргызской Республики (номер гранта 007652).

Для цитирования: Турганбаева Н. К., Мусульманова М. М., Кыдыралиев Н. А. Сезонные изменения биологической ценности белков молока ослиц киргизской породы // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 3. С. 591–599. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2459>

Seasonal Variations in the Biological Value of Kyrgyz Donkey's Milk Proteins



Nadira K. Turganbaeva^{1,*}, Mukarama M. Musulmanova²,
Nurudin A. Kydyraliev¹

¹ Kyrgyz-Turkish Manas University^{ROR}, Bishkek, Kyrgyz Republic

² Razzakov Kyrgyz State Technical University^{ROR}, Bishkek, Kyrgyz Republic

Received: 10.02.2023

Revised: 24.04.2023

Accepted: 02.05.2023

*Nadira K. Turganbaeva: nadira.turganbaeva@manas.edu.kg,

<https://orcid.org/0000-0002-7620-9236>

Mukarama M. Musulmanova: <https://orcid.org/0000-0002-4205-2875>

Nurudin A. Kydyraliev: <https://orcid.org/0000-0002-6168-8772>

© N.K. Turganbaeva, M.M. Musulmanova, N.A. Kydyraliev, 2023



Abstract.

Due to its protein component, donkey's milk is a multifunctional product with a wide range of beneficial physiological properties. It is known for its antioxidant, anti-inflammatory, rejuvenating, antimicrobial, and antitumor effects. However, the milk of Kyrgyz donkeys has not received proper scientific attention in this respect. This study analyzed the seasonal amino acid profile and biological value of milk obtained from Kyrgyz donkeys.

The donkeys belonged to the Kyrgyz breed and inhabited the highlands of the Chui Region, Republic of Kyrgyzstan. The sampling took place in April, July, and September. The amino acid composition of milk proteins was determined by capillary electrophoresis. The biological value of proteins was assessed by amino acid score, index of essential amino acids (Auxerre index), utility ratio of essential amino acids, and utility ratio of amino acid composition.

The analysis revealed 18 amino acids, including eight essential ones. The total content of amino acids in the spring samples was 1840.07 mg/100 g. In the summer samples, this value peaked at 2037 mg/100 g; in autumn, it dropped to 1264.35 mg/100 g. The changes could be explained by the seasonal differences in the diet. The ratio of essential to non-essential amino acids approached 1:1. The milk also proved to contain arginine, which is an essential amino acid for a juvenile organism. In the spring samples, its content was 2.5 times as big as in the autumn ones. Leucine and isoleucine were responsible for 1/3 of the essential amino acids (322.60 ± 19.35 mg/100 g). The summer samples demonstrated the maximal content of some other essential amino acids, except for valine and tryptophan, which appeared to be the limiting essential amino acids for donkey's milk in the autumn period. Total essential amino acids in the spring, summer, and autumn samples amounted to 54.24, 59.26, and 34.77 g/100 g, respectively, which exceeded the value for the reference protein (27.46 g/100 g).

Kyrgyz donkey's milk proteins were of high biological value, regardless of the season, which means that donkey's milk can become part of new functional products.

Keywords. Donkey's milk, protein, amino acid composition, essential amino acids, amino acid score, functional foods

Finding. The study was part of a project supported by the Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic (grant No. 007652).

For citation: Turganbaeva NK, Musulmanova MM, Kydyraliev NA. Seasonal Variations in the Biological Value of Kyrgyz Donkey's Milk Proteins. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(3):591–599. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2459>

Введение

Кыргызстан славится богатством водных ресурсов, чистейшим воздухом, великолепными горными вершинами и горными озерами, а также кумысолечебницами. В стране зарегистрировано около 17 учреждений, предлагающих кумысолечение, неофициальных еще больше [1]. Наряду с лечением кобыльим молоком среди населения стало популярным лечение ослиным молоком. Однако ежегодный

учет поголовья скота в стране указывает на стабильное снижение поголовья ослов. Проведенное Министерством сельского хозяйства Кыргызской Республики статистическое исследование в рамках программы «О проведении на территории Кыргызской Республики пересчета скота и домашней птицы» информирует о том, что в период 2016–2020 гг. поголовье ослов снизилось с 43 040 до 27 586 голов, на 2021 г. поголовье составило 27 613 голов [2].

Наибольшее количество ослов разводится в Джалал-Абадской и Ошской областях, для жителей которых эти животные являются транспортным средством в фермерском хозяйстве. Снижение поголовья ослов может привести к экологическим, экономическим и социальным проблемам. В связи с этим необходимо провести ряд законодательных и административных мер по вопросам урегулирования убоя и вывоза ослов из страны.

Молочная продуктивность ослиц сравнительно низкая и составляет примерно 1,57–1,2 л/сутки [3]. Повышенная выработка молока у лактирующих ослиц происходит в первые три месяца лактации, затем снижается к 8–10 месяцу [3–5]. Ослиное молоко особенно популярно в Италии, где оно традиционно используется в качестве заменителя женского молока [5, 6].

В последние годы отмечается увеличение числа публикаций, касающихся исследования состава и свойства молока ослиц. Сравнительный состав молока различных животных и женского молока приведен в таблице 1 [7].

Как видно из таблицы 1, женское и коровье молоко различается по содержанию лактозы и протеинов. Наиболее приближенными по составу к женскому молоку является кобылье и ослиное молоко, которое относится к альбуминовым видам [7, 8].

Результаты исследований подтверждают антиоксидантные, противовоспалительные, антивозрастные, противомикробные и противораковые свойства ослиного молока, являющегося потенциальным продуктом в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний [9–11]. Китайскими учеными *in vitro* и *in vivo* было доказано, что биологически активные соединения ослиного молока способны элиминировать активные формы кислорода, активируя антиоксидантную систему, и форсировать иммунную функцию организма [12].

В Кыргызской Республике такого рода исследования только начинаются.

Целью данного исследования являлась характеристика аминокислотного профиля молока ослиц, обитающих в горной местности Кыргызстана, в зависимости от сезона года. Полученные данные использовали для оценки биологической ценности белков исследуемого молока.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стало ослиное молоко, собранное у животных, обитающих в Чуйской долине Кыргызской Республики. Образцы были взяты у двух клинически здоровых, лактирующих ослиц киргизской породы в возрасте 5 лет. Продолжительность жеребости ослиц составила примерно 12 месяцев, период отела – март. Весенний сбор молока провели в апреле, летний – в июле, осенний – в сентябре. Ослиц доили утром, в обед и вечером, сборное молоко процеживали через чистый тканый фильтр и переливали в стерильные пакеты для хранения и замораживания.

Содержание аминокислот в исследуемом молоке определяли в испытательной лаборатории ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (г. Москва) с использованием капиллярного электрофореза Капель-205 (ООО Льюэкс, Россия). За основу была взята методика М 04-38-2009 (ГОСТ Р 55569-2013): разложение проб кислотным или (только для триптофана) щелочным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, получение ФТК-производных, дальнейшее их разделение и количественное определение методом капиллярного электрофореза. Детектирование проводят в УФ-области спектра при длине волны 254 нм. Результаты исследования ослиного молока приведены в таблице 2.

Для оценки биологической ценности белков исследуемого молока рассчитали аминокислотный скор (C , %, формула 1), индекс незаменимых аминокислот (U_a , формула 2), коэффициент утилитарности незаменимых аминокислот (K_p , формула 3) и коэффициент утилитарности аминокислотного состава (R_c , формула 4) [13, 14]. Данные произведенных расчетов приведены в таблице 3.

Аминокислотный скор:

$$C = \frac{A_i}{A_{ei}} \times 100 \quad (1)$$

где A_i – массовая доля аминокислоты в исследуемом белке, г/100 г белка; A_{ei} – массовая доля незаменимой аминокислоты в эталонном белке, г/100 г белка.

Таблица 1. Химический состав женского, коровьего, ослиного и кобыльего молока

Table 1. Chemical composition of milk: women, cows, donkeys, and mares

Химический состав, %	Коровье	Ослиное	Кобылье	Женское
Жиры	3,5–3,9	0,3–1,8	0,5–2,0	3,5–4,0
Лактоза	4,4–4,9	5,8–7,4	5,8–7,0	6,3–7,0
Общее количество сухих веществ	12,5–13,0	8,8–11,7	9,3–11,6	11,7–12,9
Протеины, в том числе	3,1–3,8	1,5–1,8	1,5–2,8	0,9–1,7
Казеин	2,46–2,80	0,64–1,03	0,94–1,20	0,32–0,42
Сывороточные белки	0,55–0,70	0,49–0,80	0,74–0,91	0,68–0,83

Таблица 2. Содержание аминокислот в молоке ослиц киргизской породы и ослиц региона Синьцзян (Китай) по сезонам года

Table 2. Amino acids in Kyrgyz donkey's milk vs. Xinjiang donkey's milk (China), by season

Аминокислоты, мг/100 г молока	Молоко киргизских ослиц, сырое (собственные данные)				Молоко ослиц Синьцзян [7]
	Весна (апрель)	Лето (июль)	Осень (сентябрь)	Среднее значение	Среднее значение
Заменимые аминокислоты	905,70	1026,72	672,77	868,39	939,99
Аргинин	141,20 ± 8,47	74,86 ± 4,49	52,93 ± 3,17	89,66 ± 5,37	74,28 ± 0,03
Гистидин	84,45 ± 5,06	86,49 ± 5,18	67,15 ± 4,02	79,36 ± 4,76	37,14 ± 0,01
Пролин	295,50 ± 17,73	227,70 ± 13,66	169,20 ± 10,10	230,80 ± 13,84	141,42 ± 0,07
Серин	131,90 ± 7,91	149,50 ± 8,97	90,53 ± 5,43	123,97 ± 7,43	95,71 ± 0,04
Аланин	85,57 ± 5,13	101,10 ± 6,06	52,47 ± 3,14	79,71 ± 4,78	57,14 ± 0,02
Глицин	38,42 ± 2,30	60,57 ± 3,63	26,79 ± 1,60	41,92 ± 2,51	15,74 ± 0,00
Аспарагин + аспарагиновая кислота	50,71 ± 3,04	138,90 ± 8,33	18,10 ± 1,08	69,23 ± 4,15	145,71 ± 0,07
Глутамин + глутаминовая кислота	77,95 ± 4,67	187,60 ± 11,25	195,60 ± 11,70	153,71 ± 9,22	372,85 ± 0,18
Незаменимые аминокислоты	934,37	1010,28	591,58	845,41	688,53
Лизин	153,60 ± 9,21	176,10 ± 10,56	95,84 ± 5,75	141,84 ± 8,51	121,42 ± 0,06
Тирозин	97,91 ± 5,87	101,80 ± 6,10	56,43 ± 3,38	85,38 ± 5,12	57,14 ± 0,02
Фенилаланин	102,90 ± 6,17	102,00 ± 6,12	56,54 ± 3,39	87,14 ± 5,22	74,28 ± 0,03
Лейцин + изолейцин	301,20 ± 18,07	322,60 ± 19,35	187,60 ± 11,20	270,46 ± 16,22	229,99 ± 0,11
Метионин + цистеин	69,40 ± 3,66	102,70 ± 3,93	76,16 ± 2,53	82,75 ± 4,96	37,14 ± 0,01
Валин	90,54 ± 5,43	84,77 ± 5,08	53,56 ± 3,21	76,29 ± 4,57	107,14 ± 0,05
Треонин	85,93 ± 5,15	110,50 ± 6,63	55,35 ± 3,32	83,92 ± 5,03	61,42 ± 0,03
Триптофан	22,80 ± 1,36	9,80 ± 0,58	10,10 ± 0,60	14,23 ± 0,85	–
Соотношение незаменимых/ заменимые аминокислоты	1,03	0,98	0,87	0,97	0,73

Индекс незаменимых аминокислот (индекс Осера):

$$U_a = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_{A_i}} \quad (2)$$

при условии

$$d_{A_i} = \left(\frac{A_i}{A_{ei}} \right), \text{ где } A_i \leq A_{ei}$$

$$d_{A_i} = \left(\frac{A_{ei}}{A_i} \right), \text{ где } A_i \geq A_{ei}$$

где n – число аминокислот.

Коэффициент утилитарности (утилизации) (K_i) незаменимой аминокислоты, который является численной характеристикой, отражающей сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону, рассчитали по формуле (3):

$$K_i = \frac{C_{min}}{C_i} \quad (3)$$

где C_{min} – минимальный скор незаменимых аминокислот в исследуемом белке, %, C_i – скор i -ой незаменимой аминокислоты в исследуемом белке, %.

Для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава (R_c , доли единиц) использовали

данные коэффициента утилитарности незаменимых аминокислот:

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times K_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

Ослиное молоко по количественному составу казеина (57 %) и сывороточных белков (43 %) относится к альбуминовому типу и содержит полный состав и близкое к эталонному количество незаменимых аминокислот. Молоко ослиц киргизской породы в этом аспекте изучено впервые. Научный и технологический интерес представляет характер изменения количественного и качественного состава аминокислот в зависимости от сезона года и стадии лактации.

Сезонные изменения аминокислотного состава исследуемого молока представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, общее содержание аминокислот в молоке ослиц киргизской породы высокое в первые месяцы лактации (весной), достигает максимума к середине лета, но снижается к концу этого периода (осень). Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот в этом молоке в весенний период больше 1, т. е. незаменимых аминокислот в

Таблица 3. Биологическая ценность белков молока киргизской ослицы по сезонам года

Table 3. Biological value of Kyrgyz donkey's milk proteins, by season

Незаменимые аминокислоты	Эталон ФАО/ВОЗ, г/100 г идеального белка [25]	Содержание незаменимых аминокислот, г/100 г белка			Аминокислотный скор, %			Коэффициент утилитарности незаменимых аминокислот, K_i		
		Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
Лизин	4,80	9,035 ± 0,540	10,35 ± 0,62	5,64 ± 0,33	188,2	215,6	117,5	0,70	0,40	0,67
Тирозин + фенилаланин	4,10	11,80 ± 0,70	12,00 ± 0,72	6,63 ± 0,39	287,8	292,6	161,7	0,45	0,29	0,48
Лейцин + изолейцин	9,10	17,71 ± 1,06	18,90 ± 1,13	11,03 ± 0,66	194,6	207,6	121,2	0,67	0,41	0,64
Метионин + цистеин	2,30	4,00 ± 0,24	6,07 ± 0,36	4,48 ± 0,26	173,9	263,9	194,7	0,70	0,32	0,40
Валин	4,00	5,29 ± 0,31	4,90 ± 0,29	3,15 ± 0,18	132,2	122,5	78,7	1,00	0,70	1,00
Треонин	2,50	5,058 ± 0,300	6,47 ± 0,38	3,25 ± 0,19	202,3	258,8	130,0	0,60	0,30	0,60
Триптофан	0,66	1,35 ± 0,08	0,57 ± 0,03	0,59 ± 0,03	204,5	86,3	89,0	0,64	1,00	0,80
Сумма незаменимых аминокислот, г/100 г белка	27,46	54,24	59,26	34,77						
U_a , индекс незаменимых аминокислот	1	1,90	1,93	1,10						
R_c , коэффициент утилитарности аминокислотного состава	1	1,65	0,39	0,61						

весеннем молоке больше, чем в летнем и осеннем, где это соотношение меньше 1. Среднее значение соотношения незаменимых и заменимых аминокислот молока ослиц киргизской породы выше, чем в молоке ослиц Синьцзян, что указывает на более высокую биологическую ценность первого.

Содержание аргинина в весенний период составляет $141,20 \pm 8,47$ мг/100 г, что более чем в 2,5 раза выше по сравнению с осенним периодом. Аргинин способствует снижению артериального давления и обладает антипролиферативным, антиатерогенным, противовоспалительным и антиагрегантным эффектами, а его дефицит в питании замедляет рост организма [15]. Ученые отметили улучшение показателей у больных с циррозом печени при применении аргинина: происходит снижение фиброзо- и коллагенообразования, улучшение микроциркуляции в печени [15–17]. Одним из факторов, определяющих лечебный эффект ослиного молока в отношении заболеваний печени, является повышенное содержание аргинина.

Высокое содержание гистидина в молоке ослицы киргизской породы приходится на весенний и летний периоды – 84,45 и 86,49 мг/л соответственно, к осени его содержание снижается примерно на 20 %. Несмотря на это, средние показатели содержания

гистидина в исследуемом молоке превышают средние показатели в молоке ослиц Синьцзян. Гистидин выполняет уникальную роль в буферизации протонов, хелатировании ионов металлов, улавливании активных форм кислорода и азота, кроветворении и гистаминаргической системе [18]. Десятилетний опыт подтвердил эффективность гистидина как компонента, используемого для защиты миокарда при кардиохирургии, профилактики атопического дерматита, язв, воспалительных заболеваний кишечника, глазных заболеваний и неврологических расстройств [19].

Среди незаменимых аминокислот выделяется группа аминокислот с разветвленным строением алифатической боковой цепи, к которым относятся лейцин и изолейцин. Высокое содержание этих аминокислот в исследуемом молоке приходится на весенний и летний периоды. Суммарное содержание лейцина и изолейцина составляет около 32 % от среднего количества незаменимых аминокислот в ослином молоке. Лейцин и изолейцин отвечают за кроветворение, заживление ран и корреляцию уровня сахара в крови [20]. Содержание в молоке метионина и цистеина, играющих важную роль в образовании инсулина и иммуноглобулина, в летний период достигает максимума [21]. В то же время в

ослином молоке летнего периода больше глицина, чем в другие периоды. Эта аминокислота выполняет функцию тормозного нейромедиатора, контролирует процессы формирования тонкой моторики пластических процессов и обладает антиоксидантным и антиоксидантным действиями, что приводит к уменьшению агрессии и повышению социальной адаптации [22]. Концентрация пролина в молоке киргизской ослицы самая высокая весной – $295,00 \pm 17,73$ мг/100 г. Пролин составляет основную часть белка соединительной ткани – коллагена, который участвует в улучшении состояния кожи и предотвращении быстрого старения и появления морщин [7]. Глутамин, стимулирующий развитие и поддержание функции мышечных тканей, в исследуемом молоке в летний и осенний периоды ($187,60 \pm 11,25$ и $195,6 \pm 11,7$ мг/100 г соответственно) вырабатывается в больших количествах, чем в весенний период ($77,95$ мг/100 г), т. е. с материнским молоком детенышу передаются необходимые компоненты для повышения выносливости. Содержание в молоке киргизских ослиц триптофана – важнейшей незаменимой аминокислоты – и α -лактальбумина достигает максимума в весенний период. Триптофан играет важную роль в развитии головного мозга и нервной системы новорожденных [23, 24]. Исследования показали, что регулярное употребление α -лактальбумина позволяет увеличить количество триптофана в плазме, улучшая некоторые неврологические функции (внимание, когнитивная способность, утренняя бодрость и др.) взрослого человека [23]. Из приведенных данных видно, что употребление ослиного молока более благоприятно в весенний и летний периоды.

Важнейшей характеристикой любого белка является его способность выполнять биологическую функцию, которая оценивается рядом показателей. Провели сравнительную оценку биологической ценности белков молока киргизской ослицы по сезонам года относительно «идеального» (эталонного) белка, результаты которой приведены в таблице 3. Массовая доля белка в исследуемом молоке равна 1,7 %.

Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о том, что в любой период лактации содержание незаменимых аминокислот в исследуемом ослином молоке превышает сумму незаменимых аминокислот в эталонном белке, предложенном ФАО/ВОЗ. Высокий скор имеют фенилаланин и тирозин в весенний и летний периоды. Эти ароматические аминокислоты необходимы для биосинтеза белка и нормализации функционирования щитовидной железы. Фенилаланин незаменим с точки зрения питания, а тирозин как продукт катаболизма фенилаланина зависит от его наличия в достаточном количестве в продукте. Тирозин, который воздействует на подавление аппетита и приводит к снижению отложения жиров, может синтезироваться из фенилаланина, но обратного

образования фенилаланина из тирозина не происходит [21]. Валин относится к группе протеиногенных аминокислот, является одним из важных компонентов в росте и синтезе тканей тела, необходим для нормализации метаболизма в мышцах, стабилизации гормонального фона и регулировании нервных процессов. Дефицит валина в питании может привести к расстройству нервной системы человека, депрессии и склерозу [21]. Содержание валина в исследуемом молоке снижается с $5,29$ г/100 г весной до $3,15$ г/100 г осенью.

Триптофан, лизин и метионин относятся к группе аминокислот, содержание которых в продукте оценивается при определении полноценности питания. Оптимальным считается соотношение этих аминокислот 1:5:3 [23]. В исследуемом молоке данное соотношение составляет в весенний период 1:6,7:2,7, в летний – 1:18:6,75, в осенний – 1:9,5:4,2. То есть весеннее молоко имеет наиболее оптимальное соотношение этих аминокислот.

Треонин является ключевым питательным веществом для кишечника, т. к. играет важную роль в синтезе муцина и гликопротеина, необходимых для защиты кишечного эпителия. Являясь основным компонентом иммуноглобулина, треонин играет важную роль в поддержке организма при различных вирусных инфекциях [26]. Результаты исследований метаболизма человека американскими учеными показывают, что высокий уровень треонина в плазме крови связан с увеличением продолжительности жизни человека, как минимум до 80 лет [27]. Скор этой аминокислоты в исследуемом молоке составляет в весенний период 202,3 %, в летний – 258,8 %, к осеннему периоду снижается до 130 %.

Лизин – одна из наиболее важных аминокислот, отвечающая за повышение гемоглобина в крови. Его недостаток приводит к дистрофии мышечных волокон, нарушению кальцификации костей и анемии. Средний скор этой аминокислоты в ослином молоке составляет 173,76 % с максимумом в летний период. Содержание метионина и цистеина в ослином молоке в летний и осенний периоды превышает его содержание весной примерно на 24 %. Эти аминокислоты оказывают выраженный терапевтический эффект у детей, страдающих анемией, при этом метионин является важным клеточным антиоксидантом, стабилизирующим структуру белков [25, 28, 29]. Исходя из вышеприведенного, можно предположить, что употребление ослиного молока больными, страдающими анемией, в летний и осенний периоды приведет к улучшению их самочувствия. Для подтверждения этого необходимо провести исследования с получением клинической доказательной базы положительного влияния ослиного молока на профилактику и лечение анемии.

Общая сумма незаменимых аминокислот в молоке киргизских ослиц превышает их содержание

в эталонном белке. Однако в летний и осенний периоды лимитирующей аминокислотой является триптофан, скор которого составляет меньше 100 %. В осенний период лимитирующей аминокислотой является валин. Присутствие лимитирующих аминокислот в продукте свидетельствует о необходимости оптимизации его состава через обогащение недостающей аминокислотой либо путем комбинирования с соответствующим компонентом. Индекс незаменимых аминокислот (U_a) исследуемого молока, характеризующий комплексную сбалансированность этих аминокислот, весной и летом почти в 2 раза выше, чем у идеального белка, а осенью практически равен единице (табл. 3), т. е. белок молока киргизских ослиц является полноценным. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (R_c), характеризующий сбалансированность аминокислотного состава, в норме должен быть равен 1. R_c ослиного молока весеннего периода равен 1,65, что указывает на сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону. В летний и осенний периоды коэффициент снижается.

По коэффициенту утилитарности незаменимых аминокислот (K_i) можно судить о том, что триптофан из летнего молока будет использован организмом на анаболические нужды на 100 %, валин будет утилизирован на 100 % весной и летом, а усвоение остальных аминокислот варьируется в среднем в пределах от 46 до 59 %. Это значимо для характеристики биологической ценности белков ослиного молока.

Выводы

Методом капиллярного электрофореза получили данные о количественном содержании в молоке ослиц киргизской породы в разные периоды лактации 18 аминокислот, в том числе незаменимых. Сумма незаменимых аминокислот в белке ослиного молока весеннего, летнего и осеннего удоя выше суммы незаменимых аминокислот в эталонном белке – 54,24, 59,26 и 34,77 г/100 г соответственно против 27,46 г/100 г. Это свидетельствует о высокой биологической ценности ослиного молока. Среди отдельных незаменимых аминокислот имеются лимитирующие: валин в осеннем молоке имеет скор 78,7 %, триптофан со скором 86,3 и 89,0 % в летнем и осеннем молоке соответственно. Индекс незаменимых аминокислот (индекс Осера, U_a), характеризующий их сбалансированность, для белков ослиного молока осеннего удоя практически равен единице, что приравнивает их к идеальному белку.

Биологическая функция белков ослиного молока, оцененная с помощью коэффициента утилитар-

ности незаменимых аминокислот (K_i), свидетельствует о том, что значительная часть незаменимых аминокислот (вплоть до 100 % для валина и триптофана) будет использована на анаболические нужды.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о потенциальной возможности использования ослиного молока в составе новых продуктов функционального (специального) назначения.

Критерии авторства

Н. К. Турганбаева подготовила исходный материал статьи и провела расчет данных. М. М. Мусульманова критически рассмотрела рукопись, отредактировала, внесла существенный и интеллектуальный вклад в концепцию и дизайн рукописи. Н. А. Кыдыралиев внес дополнения к характеристике аминокислот. М. М. Мусульманова и Н. А. Кыдыралиев прочитали и одобрили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А. Г. Галстяну – директору Федерального государственного автономного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ВНИМИ) и Е. А. Юровой – руководителю исследовательской лаборатории «Молоко» ВНИМИ за оказанное содействие в проведении анализов.

Contribution

N.K. Turganbaeva prepared the source material and calculated the data. M.M. Musulmanova edited the manuscript and contributed to its concept and design. N.A. Kydyraliev described the amino acid studies. M.M. Musulmanova and N.A. Kydyraliev read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors are grateful to A.G. Galstyan, Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Dairy Industry (VNIMI), and E.A. Yurova, Head of Research Lab “Milk” (VNIMI), for their assistance in the analysis.

References/Список литературы

1. Koumiss treatment. Guide to prices and clinics in Kyrgyzstan [Internet]. [cited 2023 Jan 15]. Available from: <https://ru.sputnik.kg/20210527/kumysolechebnicy-kyrgyzstana-spisok-ceny-karta-1052626676.html>

2. Survey of livestock and poultry in the Kyrgyz Republic [Internet]. [cited 2023 Jan 15]. Available from: <https://www.stat.kg/ru/publications/okonchatelnye-itogi-ucheta-skota-po-sostoyaniyu-na-1012013g-po-polnoj-programme>
3. Kaskous S, Pfaffl MW. Milk properties and morphological characteristics of the donkey mammary gland for development of an adopted milking machine – A review. *Dairy*. 2022;3(2):233–247. <https://doi.org/10.3390/dairy3020019>
4. Hassan ZM, Manyelo TG, Nemukondeni N, Sebola AN, Selaledi L, Mabelebele M. The possibility of including donkey meat and milk in the food chain: A Southern African scenario. *Animals*. 2022;12(9). <https://doi.org/10.3390/ani12091073>
5. Naydenova N. Bioactive components of donkey milk. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2022;5(2):219–231. <https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i2>
6. Prasad B. Nutritional and health benefits of donkey milk. *Journal Food Science Nutritional Therapy*. 2020;6(1):022–025. <https://doi.org/10.17352/jfsnt.000022>
7. Guo HY, Pang K, Zhang XY, Zhao L, Chen SW, Dong ML, *et al.* Composition, physicochemical properties, nitrogen fraction distribution and amino acid profile of donkey milk. *Journal of Dairy Science*. 2007;90(4):1635–1643. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-600>
8. Nayak CM, Ramachandra CT, Nidoni U, Hiregoudar S, Ram J, Naik N. Physico-chemical composition, minerals, vitamins, amino acids, fatty acid profile and sensory evaluation of donkey milk from Indian small grey breed. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;57(8):2967–2974. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04329-1>
9. Bhardwaj A, Pal Y, Legha RA, Sharma P, Nayan V, Kumar S, *et al.* Donkey milk composition and its therapeutic applications. *Indian Journal of Animal Sciences*. 2020;90(6):837–841. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i6.104972>
10. Longodor AL, Mireşan V, Codea RA, Răducu C, Andronie L, Marchiş Z, *et al.* Antioxidant capacity in donkey milk (*Equus asinus*) depending on lactation. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*. 2019;23:181–185.
11. Taghiloo S, Allahmoradi E, Sadeghian-Kiadehi SF, Omrani-Nava V, Nazar E, Ebrahimzadeh MA. Up-regulation of human immune system function by donkey’s milk. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2020;56. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000418449>
12. Mao X, Gu J, Sun Y, Xu S, Zhang X, Yang H, *et al.* Anti-proliferative and anti-tumour effect of active components in donkey milk on A549 human lung cancer cells. *International Dairy Journal*. 2009;19(11):703–708. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.05.007>
13. Orazov A, Nadtochii LA, Safronova AV. Assessing the biological value of milk obtained from various farm animals. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(3):447–453. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-447-453>
14. Serova YuM, Bolkhovitina YuS, Shemet YuYu, Beskorovainyi DV, Pyatovsky VV. The protein evaluation of the sunflower hybrid Gorstar. Relevant issues of biology, breeding, cultivation, and processing of agricultural crops: Proceedings of the XI All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists; 2021; Krasnodar. Krasnodar: Federal Research Center V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops; 2021. p. 107–111. (In Russ.). <https://doi.org/10.25230/conf11-2021-107-111>
15. Berezin AE. Therapeutic potency of L-arginine in cardiovascular diseases. *Ukrainian Journal of Medicine*. 2019;130(2). (In Russ.). [Березин А. Е. Терапевтический потенциал L-аргинина при сердечно-сосудистых заболеваниях // Украинский медицинский журнал. 2019. Т. 130. № 2.].
16. Wang Y, Liu Y, Liu Y, Zhong J, Wang J, Sun L, *et al.* Remodeling liver microenvironment by L-arginine loaded hollow polydopamine nanoparticles for liver cirrhosis treatment. *Biomaterials*. 2023;295. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2023.122028>
17. Hou X, Chen S, Zhang P, Guo D, Wang B. Targeted arginine metabolism therapy: A dilemma in glioma treatment. *Frontiers in Oncology*. 2022;12. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.938847>
18. Holeček M. Histidine in health and disease: Metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients*. 2020;12(3). <https://doi.org/10.3390/nu12030848>
19. Elemanova RSh. Seasonal changes in the protein composition of khainak milk. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(3):555–569. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2381>
20. Kapitonova EA, Yanchenko VV. Amino acid composition determination of the regulatory complex “Baipas” by capillary electrophoresis method. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2021;53(1):52–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.53.1.009>
21. Lysikov YuA. Amino acids in human nutrition. *Experimental and Clinical Gastroenterology Journal*. 2012;(2):88–105. (In Russ.). [Лысков Ю. А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 2. С. 88–105.]. <https://elibrary.ru/TBJPRX>
22. Minyaeva OA. Amino acids as biological objects in aqueous solutions. *Scientific Review. Biological Science*. 2016;(6):43–47. (In Russ.). [Миняева О. А. Аминокислоты, как биологические объекты, в водных растворах // Научное образование. Биологические науки. 2016. № 6. С. 43–47.]. <https://elibrary.ru/YHFBMP>

23. Derdak R, Pop OL, Sakoui S, Muresan C, Vodnar DC, Addoum B, *et al.* Donkey milk bioactive proteins and peptides, health and food applications – A review. Preprints. 2020. <https://doi.org/10.20944/preprints202007.0119.v1>
24. Serba EM, Tadzhibova PYu, Rimareva LV, Overchenko MB, Ignatova NI, Volkova GS. Bioconversion of soy under the influence of *Aspergillus oryzae* strains producing hydrolytic enzymes. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(1):52–58. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-52-58>.
25. Boyvin L, Séri KL, Armande AJ, Djaman JA. Lysine and threonine plasma concentrations in ivoirian patients living with human immunodeficiency virus. *Journal of AIDS and HIV Research*. 2017;9(9):194–201. <https://doi.org/10.5897/JAHR2017.0438>
26. Canfield C-A, Bradshaw PC. Amino acids in the regulation of aging and aging-related diseases. *Translational Medicine of Aging*. 2019;3:70–89. <https://doi.org/10.1016/j.tma.2019.09.001>
27. Brestensky M, Nitrayova S, Patras P, Nitra J. Dietary requirements for proteins and amino acids in human nutrition. *Current Nutrition and Food Science*. 2019;15(7):638–645. <https://doi.org/10.2174/1573401314666180507123506>
28. Rosenfeld MA, Yurina LV, Vasilyeva AD. The functional role of methionin oxidation in proteins: Arguments “for” and “against”. *Biology Bulletin Reviews*. 2021;141(4):315–335. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0042132421040050>
29. Kozich V, Stabler S. Lessons Learned from inherited metabolic disorders of sulfur-containing amino acids metabolism. *The Journal of Nutrition*. 2020;150(1):2506S–2517S. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa134>