

УДК: 636.2.034+636.08

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.180

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ В ЗИМНЕ- ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД ГОДА (СООБЩЕНИЕ 1)

Колесник Н. С. – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-4267-5300), Зайцев С. Ю.\*  
– вед. науч. сотр., д-р. биол. н., проф. (ORCID 0000-0003-1533-8680).

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ  
имени академика Л.К. Эрнста» (ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста).

\*s.y.zaitsev@mail.ru

**Ключевые слова:** молоко коров, черно-пестрая порода, зимне-весенний период, аминокислотный состав, высоко-коэффициентная жидкостная хроматография.

**Key words:** cow's milk, black-and-white breed, winter-spring period, amino acid composition, high performance liquid chromatography.

Работа выполнена при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания на 2023 г. (регистрационный номер ЕГИСУ темы НИР FGGN 0445-2021-0002).

Поступила: 29.04.2023

Принята к публикации: 11.09.2023

Опубликована онлайн: 29.09.2023

### РЕФЕРАТ



Определение аминокислотного (АК) состава молока коров, в особенности по незаменимым аминокислотам, является важным и актуальным. В последнее время наблюдается рост публикаций по совершенствованию методов анализа АК-состав молока животных, прежде всего – коров. Цель нашего исследования – это изучение особенностей аминокислотного состава молока коров черно-пестрой породы в зимне-весенний период. Исследования проведены с образцами племенного хозяйства «Ладожское» (Краснодарский край, Усть-Лабинский район). В группу 1 (январь) вошло 12 животных, в группы 2 и 3 (март и апрель) – по 22 животных, т.е. в сумме 56 животных. Кормление коров осуществлялось согласно общепринятым нормам. Определение АК проводили методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нин-гидрином на системе LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония) и колонкой с ионообменной смолой 4,6x150 мм (Севко, Россия). Получены новые данные по АК составу молока коров черно-пестрой породы. На взгляд авторов важны не только абсолютные значения АК в молоке, но и их соотношения. Впервые получены определенные «ряды» по содержанию АК в образцах молока коров: Glu >> Leu > Lys = Pro > Asp > Val > Phe ≥ Ile ≥ Tyr > Arg = Ser > Ala = Thr ≥ His > Met > Gly > Cys (январь); Glu >> Leu > Pro > Lys > Asp > Val > Phe > Arg ≥ Ile = Tyr ≥ Ser > Ala = Thr > His ≥ Met > Gly > Cys (март); Glu >> Leu > Pro > Lys = Arg > Asp > Val > Phe ≥ Ile ≥ Tyr > Ser > Ala ≥ Thr ≥ His ≥ Met > Gly > Cys (апрель). В наших исследованиях показано снижение количества АК в молоке коров к весне (в марте и, особенно, в апреле), что можно объяснить адаптацией физиолого-биохимических процессов в организме животных в этот период.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Определение аминокислотного (АК) состава молока коров, в особенности по незаменимым аминокислотам, являются важным и актуальным. В последнее время наблюдается рост публикаций по совершенствованию методов анализа АК состава молока сельскохозяйственных животных, прежде всего - коров. Например, в обзоре [1] обобщены работы по различным модификациям таких хроматографических методов анализа АК и пептидов как высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), тонкослойная хроматография (ТСХ) и газовая хроматография (ГХ). Показано, что ВЭЖХ является оптимальным методом для количественного анализа аминокислот по сравнению с ТСХ и ГХ [1]. В нашем случае, наибольший интерес представляет работа [2], в которой проведено изучение аминокислотного состава образцов коровьего молока (к сожалению, без указания породы и количества животных) «методом жидкостной хроматографии с применением предколоночной дериватизации» [2]. Это совпадает с нашими представлениями [3] о том, что для количественного анализа аминокислот в биологических образцах наиболее целесообразным является метод ВЭЖХ в разновидности ионообменной хроматографии [1]. Этот метод имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими методами анализа: более высокая точность определения, воспроизводимость результата и надежность [1-3]. Кроме того, в методике постколоночной дериватизации ВЭЖХ [3] имеется более простая подготовка проб по сравнению с методами предколоночной дериватизации [2]. Полномасштабные данные по АК-составу молока коров, особенно с учетом сбалансированного рациона молочного скота по незаменимым аминокислотам приведены в работах [4-6]. Очень ценно, что в работах [4,5] пересматриваются оценки основных белковых показателей у молочных коров и связанных с этим АК-составом с помощью многочисленных данных мета-анализа [5], подтвержденных «с использованием независимой базы

данных» [4]. В фундаментальной работе российских авторов отмечалось наибольшее содержание в молоке (у коров-первотелок всех генотипов) таких заменимых АК, как глутаминовая кислота, пролин, аспарагиновая кислота и другие, а также - таких незаменимых АК, как лейцин, лизин и другие [6].

Цель нашего исследования – это изучение особенностей аминокислотного состава молока высокопродуктивных коров черно-пестрой породы в зимне-весенний период года.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHOD

Исследования были проведены с образцами молока коров черно-пестрой породы племенного хозяйства «Ладожское» - филиала ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (Краснодарский край, Усть-Лабинский район) и в лабораториях ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. В группу 1 (январь) вошло 12 животных, а в группы 2 и 3 (март и апрель) - по 22 животных, т.е. в сумме 56 животных (репрезентативная выборка по хозяйству) - достаточное число голов для проведения исследований и дальнейшего анализа. Кормление коров осуществлялось согласно общепринятым нормам и по утвержденному в хозяйстве рациону из расчета на голову: концентрированных кормов 12,0 кг, сенаж 14,0 кг, силос 8,0 кг, сено 3,0 кг.

Для подготовки проб использовали кислотный гидролиз в растворе 6 Н соляной кислоты, с добавлением норлейцина в качестве внутреннего стандарта. Гидролиз выполняли в фторопластовых стаканах с завинчивающейся крышкой (СЕМ, США), в термостате при 110 °С в течение 24 часов. Для анализа брали 200 мкл образца, добавляли 3 мл смеси для гидролиза (6 Н HCl). Для определения цистеина и метионина образцы перед гидролизом обрабатывали раствором для окисления, который предварительно готовили из муравьиной кислоты и перекиси водорода с добавлением фенола. После гидролиза отбирали 160 мкл полученной суспензии и выпаривали при 110 °С для удаления

соляной кислоты. Далее добавляли 1 мл буфера для разведения образцов. Полученную суспензию центрифугировали при 13000 об/мин в течение 5 минут.

Определение концентрации аминокислот проводили методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией проб нингидрином. Использовали систему высокоэффективной жидкостной хроматографии LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), оснащенную реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации нингидрином АРМ-1000 (Sevko&Co, Россия) и колонкой с ионообменной смолой 4,6 x 150 мм (Sevko&Co, Россия). Использовали буферные растворы для элюирования и регенерации ионообменной колонки (Sevko&Co, Россия), а также стандартный

образец раствора аминокислот (Сукам, Германия) для контроля качества измерений. Все полученные в опыте результаты обработаны биометрически с учетом рекомендаций ФАО [7] по относительному содержанию незаменимых АК в молоке коров.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Результаты исследований по содержанию аминокислот в молоке коров, полученные за январь (n=12), представлены в таблице 1. В целом, результаты, представленные в таблице 1 в основном соответствуют литературным данным [2, 4-6], тем более, что абсолютные значения АК в молоке значительно варьируются в зависимости от множества условий [2, 4-6]. Положительно, что полученные нами результаты (величины средних значений

Таблица 1  
Статистика содержания АК\* (г/100г) в молоке коров за январь

	Среднее, г/100 мл	Ст. отклон.	min, г/100 мл	max, г/100 мл	C <sub>v</sub> , %
ASP	0,29	0,03	0,24	0,35	11,93
THR	0,15	0,02	0,12	0,18	10,58
SER	0,18	0,01	0,15	0,20	7,98
GLU	0,84	0,09	0,70	0,95	10,48
GLY	0,09	0,01	0,08	0,10	10,70
ALA	0,15	0,02	0,12	0,19	14,21
CYS	0,03	0,00	0,02	0,03	13,75
VAL	0,26	0,03	0,22	0,30	9,81
MET	0,11	0,01	0,09	0,12	9,15
ILE	0,23	0,03	0,18	0,27	12,89
LEU	0,44	0,05	0,35	0,52	11,52
TYR	0,22	0,04	0,16	0,27	18,66
PHE	0,24	0,03	0,20	0,28	13,20
HIS	0,14	0,02	0,11	0,17	13,02
LYS	0,34	0,07	0,18	0,41	20,13
ARG	0,18	0,04	0,14	0,25	21,17
PRO	0,34	0,05	0,25	0,44	16,65

\* Примечание: Asp – аспаргиновая кислота; Thr – треонин; Ser – серин; Glu – глутаминовая кислота; Gly – глицин; Ala – аланин; Val – валин; Ile – изолейцин; Leu – лейцин; Tyr – тирозин; Phe – фенилаланин; His – гистидин; Lys – лизин; Arg – аргинин; Pro – пролин; Cys – цистеин; Met – метионин.

АК в табл. 1) показывают небольшие значения стандартных отклонений. Важно подчеркнуть, что параметр CV (коэффициент вариации или относительное стандартное отклонение) для большинства значений АК составляет менее 20% и только для Lys и Arg составляет 20-21% (табл. 1). Это подтверждает достаточно высокие точность и повторяемость анализа, а также достаточно низкий разброс значений относительно средней величины, даже в случае таких АК как Lys и Arg, т.к. считается, что «неприемлемый уровень» наблюдается только выше 30%.

На наш взгляд важны не только абсолютные значения АК в молоке, но и их соотношения, особенно для сравнения наших результатов с литературными данными. Поэтому нами проведен пересчет полученных данных за январь (табл. 1) на отношение содержания каждой АК к Gly (условно принятому за 1) и получены следующие относительные значения для конкретных АК: 3,2 (Asp); 1,7 (Thr); 2,0 (Ser); 9,3 (Glu); 1,7 (Ala); 2,9 (Val); 1,2 (Met); 2,6

(Ile); 4,9 (Leu); 2,4 (Tyr); 2,7 (Phe); 1,6 (His); 3,8 (Lys); 2,0 (Arg); 3,8 (Pro). Эти данные (наши результаты) дают хорошее совпадение с данными ФАО [7] (по незаменимым АК) и с литературными данными по относительному содержанию практически всех АК в молоке коров.

Результаты по содержанию аминокислот в молоке коров, полученные за март (n=22), представлены в таблице 2.

Для второй группы исследованных образцов (таблица 2) выполнен пересчет данных за март на отношение содержания каждой АК к Gly (условно принятому за 1) и получены следующие относительные значения: 3,7 (Asp); 1,7 (Thr); 2,5 (Ser); 10,3 (Glu); 2,0 (Ala); 3,3 (Val); 1,4 (Met); 2,7 (Ile); 5,4 (Leu); 2,7 (Tyr); 3,1 (Phe); 1,6 (His); 3,9 (Lys); 2,9 (Arg); 4,7 (Pro). Следует подчеркнуть, что параметр CV (коэффициент вариации или относительное стандартное отклонение) для Arg составляет 26,85% (табл. 2), что находится близко к границе неприемлемого уровня в 30%.

Таблица 2

Статистика содержания АК (г/100г) в молоке коров за март

	Среднее, г/100 мл	Ст. отклон., г/100 мл	min, г/100 мл	max, г/100 мл	Cv, %
ASP	0,26	0,03	0,21	0,37	13,18
THR	0,12	0,02	0,09	0,18	20,93
SER	0,18	0,03	0,12	0,25	16,31
GLU	0,72	0,08	0,62	0,90	10,95
GLY	0,07	0,02	0,05	0,13	21,47
ALA	0,14	0,02	0,11	0,22	18,30
CYS	0,03	0,01	0,02	0,06	31,45
VAL	0,23	0,03	0,19	0,33	11,83
MET	0,10	0,01	0,07	0,13	15,25
ILE	0,19	0,02	0,15	0,24	12,53
LEU	0,38	0,05	0,31	0,51	12,76
TYR	0,19	0,03	0,16	0,30	15,35
PHE	0,22	0,04	0,19	0,37	19,24
HIS	0,11	0,02	0,09	0,15	15,44
LYS	0,27	0,04	0,18	0,39	16,66
ARG	0,20	0,05	0,14	0,29	26,85
PRO	0,33	0,03	0,27	0,41	10,16

В наших исследованиях показано снижение как общего количества, так и содержания отдельных аминокислот в молоке коров в марте, т.е. в начале весеннего периода исследований.

Результаты по содержанию аминокислот в молоке коров, полученные за апрель (n=22), представлены в таблице 3.

По результатам апреля (табл. 3) наблюдается дальнейшее снижение как общего количества, так и содержания отдельных аминокислот в молоке коров, т.е. в разгар весеннего периода исследований. Следует подчеркнуть, что пара-

метр  $C_v$  (коэффициент вариации или относительное стандартное отклонение) для Cys составляет 26,79% (табл. 3), что находится близко к границе неприемлемого уровня в 30%. Для третьей группы исследованных образцов (таблица 3) выполнен пересчет данных за апрель на отношение содержания каждой АК к Gly (условно принятому за 1) и получены следующие относительные значения: 3,6 (Asp); 1,7 (Thr); 2,3 (Ser); 10,4 (Glu); 1,9 (Ala); 3,3 (Val); 1,4 (Met); 2,7 (Ile); 5,3 (Leu); 2,6 (Tyr); 2,9 (Phe); 1,6 (His); 4,0 (Lys); 4,0 (Arg); 4,4 (Pro).

Таблица 3

Статистика содержания АК (г/100г) в молоке коров за апрель

	Среднее, г/100 мл	Ст. отклон., г/100 мл	min, г/100 мл	max, г/100 мл	$C_v$ , %
ASP	0,25	0,03	0,19	0,31	13,43
THR	0,12	0,02	0,09	0,15	15,50
SER	0,16	0,02	0,13	0,21	10,47
GLU	0,73	0,09	0,57	0,86	12,61
GLY	0,07	0,01	0,05	0,09	14,00
ALA	0,13	0,02	0,10	0,15	12,42
CYS	0,04	0,01	0,02	0,06	26,79
VAL	0,23	0,03	0,17	0,28	11,32
MET	0,10	0,02	0,08	0,15	18,59
ILE	0,19	0,02	0,14	0,22	12,09
LEU	0,37	0,04	0,29	0,43	10,73
TYR	0,18	0,03	0,13	0,23	16,35
PHE	0,20	0,03	0,15	0,25	13,16
HIS	0,11	0,02	0,08	0,16	17,13
LYS	0,28	0,04	0,23	0,38	14,75
ARG	0,28	0,06	0,20	0,45	20,12
PRO	0,31	0,06	0,22	0,43	20,89

Указанный выше подход для обработки полученных данных (в виде отношения содержания каждой АК к Gly, условно принятому за 1) позволяет адекватно сравнивать любые полученные результатов по АК составу молока коров (включая известные литературные данные, полученные разными методами и с разными единицами измерений). Недостатком приведенного выше подхода для обработки и сравнения полученных нами результатов

с известными литературными данными является частое отсутствие данных по нескольким АК (особенно - в кратких статьях по материалам конференций) или определение ряда АК совместно (Met и Cys, Phe и Tyr, и т.д.). Кроме того, для образцов молока часто абсолютное значение содержания цистеина (содержание которого всегда невелико и обычно определяется с большой ошибкой) ниже глицина. Поэтому, авторы предлагают ис-

пользовать аналогичный подход в другом выражении, а именно, построить «ряды АК» по нашим и литературным данным от наибольшего к наименьшему содержанию АК в образцах молока. Так, для образцов января такой «ряд АК» будет выглядеть следующим образом:  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Lys} = \text{Pro} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} \geq \text{Ile} \geq \text{Tyr} > \text{Arg} = \text{Ser} > \text{Ala} = \text{Thr} \geq \text{His} > \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$ ; для образцов марта – следующий ряд:  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Pro} > \text{Lys} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} > \text{Arg} \geq \text{Ile} = \text{Tyr} \geq \text{Ser} > \text{Ala} = \text{Thr} > \text{His} \geq \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$ ; для образцов апреля – следующий ряд:  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Pro} > \text{Lys} = \text{Arg} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} \geq \text{Ile} \geq \text{Tyr} > \text{Ser} > \text{Ala} \geq \text{Thr} \geq \text{His} \geq \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$ . Впервые наглядно показано, что эти «ряды АК» совпадают по большинству позиций и даже идентичны для тех АК, содержание которых наибольшее (Glu, Leu, Lys, Pro, Asp) и наименьшее (Ala, Thr, His, Met, Gly, Cys). Это уточняет имеющуюся концепцию аминокислотного состава молока коров и полностью соответствует известным литературным данным. Например, построенный нами по данным работы [8] «ряд АК» (от наибольшего к наименьшему содержанию АК) выглядит следующим образом:  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Lys} > \text{Asp} = \text{Met} > \text{Ser} > \text{Ile} > \text{Val} > \text{Phe} = \text{Tyr} > \text{Thr} > \text{Arg} > \text{Ala} = \text{His} > \text{Gly}$ . Указанные выше три «ряда АК», полученные в наших экспериментах, и последний «ряд» (построенный нами по данным работы [8]) совпадают по большинству позиций и даже идентичны для тех АК, содержание которых в молоке коров наибольшее (Glu, Leu, Lys, Asp, причем данные по Pro в работе [8] не приведены) и наименьшее (Ala, His, Gly, причем данные по Cys в работе [8] не приведены). Единственное существенное отличие между нашими и литературными данными [6-8] наблюдается в случае Met, данные по которому противоречивы в большинстве публикаций [6-8]. Это может быть связано с рядом факторов, например, с большим или меньшим содержанием соматических клеток молока коров. Этот фактор был изучен нами ранее и опубликован в статье [9]. В целом, ре-

зультаты, представленные в виде «рядов» АК, в смысловом и визуальном планах лучше, по нашему мнению, чем таковые в таблицах 1, 2 и 3, которые стандартно используются в большинстве работ по определению АК в молоке животных. Важно подчеркнуть, что во всех случаях наши результаты в основном соответствуют литературным данным [2,5,6,8] и данным ФАО [7] по относительному содержанию практически всех незаменимых АК в молоке коров.

В наших исследованиях показано снижение общего количества аминокислот в молоке коров в весенний период содержания (март-апрель) по сравнению с зимой (январь), что можно объяснить адаптацией физиолого-биохимических процессов в организме животных в этот период. Кроме того, повышение температуры среды может выразиться в снижении переваримости питательных веществ и удоя молока [10]. Поэтому нами планируется продолжить исследования в летний и осенний периоды содержания животных.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Получены новые данные по АК составу молока коров черно-пестрой породы и предложены подходы для обработки полученных данных, которые позволяют адекватно сравнивать любые полученные результатов по АК составу молока коров (включая известные литературные данные, полученные разными методами и с разными единицами измерений). Впервые получены «ряды АК» по содержанию АК в образцах молока коров:  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Lys} = \text{Pro} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} \geq \text{Ile} \geq \text{Tyr} > \text{Arg} = \text{Ser} > \text{Ala} = \text{Thr} \geq \text{His} > \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$  (январь);  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Pro} > \text{Lys} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} > \text{Arg} \geq \text{Ile} = \text{Tyr} \geq \text{Ser} > \text{Ala} = \text{Thr} > \text{His} \geq \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$  (март);  $\text{Glu} \gg \text{Leu} > \text{Pro} > \text{Lys} = \text{Arg} > \text{Asp} > \text{Val} > \text{Phe} \geq \text{Ile} \geq \text{Tyr} > \text{Ser} > \text{Ala} \geq \text{Thr} \geq \text{His} \geq \text{Met} > \text{Gly} > \text{Cys}$  (апрель). На взгляд авторов важны не только абсолютные значения АК в молоке, но и полученные «ряды АК», позволяющие оценить их соотношения. В целом представленные результаты соответствуют литературным данным по

относительному содержанию практически всех АК в молоке коров. В наших исследованиях показано снижение как общего количества, так и содержания отдельных аминокислот в молоке коров к весне (в марте и, особенно, в апреле), что можно объяснить адаптацией физиолого-биохимических процессов в организме животных в этот период.

Авторы благодарны сотрудникам отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (под руководством Сермягина А.А.) за предоставление образцов молока для анализа.

#### AMINO ACID COMPOSITION OF THE MILK OF BLACK-AND-WHITE COWS IN THE WINTER-SPRING PERIOD OF THE YEAR (MESSAGE 1)

**Kolesnik N.S.** - junior scientific collaborator (ORCID 0000-0002-4267-5300), **Zaitsev S.Yu.** – leading scientific collaborator, doctor of biol. sciences, professor (ORCID 0000-0003-1533-8680)

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst

\*s.y.zaitsev@mail.ru

*The work was carried out with the financial support of fundamental scientific research by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the implementation of the state task for 2023 (registration number of the EGISU research topic FGGN 0445-2021-0002).*

#### ABSTRACT

Determination of the amino acid (AA) composition of cow milk, especially in terms of essential amino acids, is important and relevant. Recently, there has been an increase in publications on the improvement of methods for analyzing the AA composition of animal milk, primarily cows. The purpose of our research is to study the features of the amino acid composition of the milk of Black-and-White cows in the winter-spring period. The studies were carried out with samples of the “Ladozhskoye” breeding farm (Krasnodar Territory, Ust-Labinsky

District). Group 1 (January) included 12 animals, groups 2 and 3 (March and April) included 22 animals each, i.e. a total of 56 animals. The cows were fed according to generally accepted norms. The determination of AA was carried out by ion-exchange chromatography with post-column derivatization of samples with ninhydrin on an LC-20 Prominence system (Shimadzu, Japan) and a column with an ion-exchange resin 4.6x150 mm (Sevko, Russia). New data on the AA composition of the milk of Black-and-White cows have been obtained. To author's opinion, not only the absolute values of AA in milk are important, but also their ratios. For the first time, particular “rows” on the AA content in cow milk samples were obtained: Glu >> Leu > Lys = Pro > Asp > Val > Phe ≥ Ile ≥ Tyr > Arg = Ser > Ala = Thr ≥ His > Met > Gly > Cys (January); Glu >> Leu > Pro > Lys > Asp > Val > Phe > Arg ≥ Ile = Tyr ≥ Ser > Ala = Thr > His ≥ Met > Gly > Cys (March); Glu >> Leu > Pro > Lys = Arg > Asp > Val > Phe ≥ Ile ≥ Tyr > Ser > Ala ≥ Thr ≥ His ≥ Met > Gly > Cys (April). Our studies have shown a decrease in the AA amount of in cow's milk by spring (in March and, especially, in April), which can be explained by the adaptation of physiological and biochemical processes in the animal body during this period.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dołowy, M. Application of TLC, HPLC and GC methods to the study of amino acid and peptide enantiomers: a review / M. Dołowy, A. Pyka // Biomedical Chromatography. – 2014. – Vol. 28. – P. 84-101. – DOI 10.1002/bmc.3016
2. Мажитова, А. Определение аминокислотного состава коровьего молока методом жидкостной хроматографии с применением предколоночной дериватизации / А. Мажитова, А. Кулмырзаев // Журнал технических наук Манас. – 2017. – Т. 5. – С. 25-34.
3. Zaitsev, S. Yu. Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration / S.Yu. Zaitsev, N.S. Kolesnik, N.V. Bogolyubova // Molecules. – 2022. – Vol. 27. – P. 2278. DOI 10.3390/

molecules27072278.

4. Lapiere, H. Impact of protein and energy supply on the fate of amino acids from absorption to milk protein in dairy cows / H. Lapiere, R. Martineau, M. D. Hanigan, [et al.] // *Animal*. – 2020. – Vol. 14. – P. s87-s102. – DOI 10.1017/S1751731119003173.

5. Claeys, W. L. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits / W. L. Claeys, C. Verraes, S. Cardoen, J. De Block, A. Huyghebaert, K. Raes, K. Dewettinck, L. Herman // *Food control*. – 2014. – Vol. 42. – P. 188-201. – DOI 10.1016/j.foodcont.2014.01.045

6. Косилов, В. И. Аминокислотный состав белка молока коров-первотелок / В.И. Косилов, Ю.А. Юлдашбаев, Б.Т. Кадралиева // *Вестник КрасГАУ*. 2022. – Т. 11. – с. 151–157. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-151-157.

7. FAO amino acid reference pattern 2011. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>

8. Барашкин, М. И. Аминокислотный состав молока коров черно-пестрой породы типа «Уральский» в зависимости от фазы лактации / М.И. Барашкин // *Аграрный вестник Урала*. – 2012. – 8 (100), с.22-24.

9. Zaitsev, S. Yu. Correlations between the Total Antioxidant Activity and Biochemical Parameters of Cow Milk Depending on the Number of Somatic Cells / S.Yu. Zaitsev, O.A. Voronina, A.A. Savina, L.P. Ignatieva, N.V. Bogolyubova // *International Journal of Food Science*. – 2022.- V.2022, Article ID 5323621. DOI: 10.1155/2022/5323621.

10. Буряков, Н.П. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, Д.Е. Аleshin // *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. – 2016.- № 3.- С. 5-13.

## REFERENCES

1. Dołowy M, Pyka A, Application of TLC, HPLC and GC methods to the study of amino acid and peptide enantiomers: a review. *Biomedical Chromatography*. 2014;28:84-101. – DOI 10.1002/bmc.3016

2. Mazhitova A, Kulmyrzaev A, Determina-

tion of the amino acid composition of cow's milk by liquid chromatography using pre-column derivatization. *Journal of technical sciences Manas*. 2017;5:25-34. [in Russ.]

3. Zaitsev SYu, Kolesnik NS, Bogolyubova NV, Correlations between the Major Amino Acids and Biochemical Blood Parameters of Pigs at Controlled Fattening Duration. *Molecules*. 2022;27:2278. DOI 10.3390/molecules27072278.

4. Lapiere H, Martineau R, Hanigan MD, [et al.] Impact of protein and energy supply on the fate of amino acids from absorption to milk protein in dairy cows. *Animal*. 2020;14:s87-s102. – DOI 10.1017/S1751731119003173.

5. Claeys WL, Verraes C, Cardoen S, De Block J, Huyghebaert A, Raes K, Dewettinck K, Herman L, Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food control*. 2014;42:188-201. – DOI 10.1016/j.foodcont.2014.01.045 [in Russ.]

6. Kosilov VI, Yuldashbaev YA, Kadralieva BT, Amino acid composition of milk protein in first-calf heifers. *Bulletin of KrasGAU*. 2022;11:151–157. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-11-151-157. [in Russ.]

7. FAO amino acid reference pattern 2011. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>

8. Barashkin MI, Amino acid composition of milk of black-motley cows of the Ural type depending on the phase of lactation. *Agrarian Bulletin of the Urals* 2012;8:22-24. [in Russ.]

9. Zaitsev SYu, Voronina OA, Savina AA, Ignatieva LP, Bogolyubova NV, Correlations between the Total Antioxidant Activity and Biochemical Parameters of Cow Milk Depending on the Number of Somatic Cells. *International Journal of Food Science*. 2022;2022:5323621. DOI: 10.1155/2022/5323621.

10. Buryakov NP, Buryakova MA, Aleshin DE, Thermal stress and features of feeding dairy cattle. *Russian Veterinary Journal. Farm animals*. 2016;3:5-13. [in Russ.]