

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ БЕЛКОВ МОЛОКА КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ И ЕЕ ПОМЕСЕЙ С МОНБЕЛЬЯРДСКОЙ

Г.Н. Левина, доктор сельскохозяйственных наук,
М.Г. Максимчук, аспирант, В.М. Артюх, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
142132, Московская область, Дубровицы
E-mail: gnlevina@yandex.ru

Актуальность исследований заключается в поиске селекционных приемов повышения массовой доли белка и его биологической ценности в молоке коров черно-пестрой породы. Цель исследований – изучение аминокислотного состава и биологической ценности белка молока коров черно-пестрой породы и ее помесей с монбельярдской для определения перспективности использования последней в коммерческих стадах черно-пестрого скота. Установили, что массовая доля белка в молоке помесных полукровных животных (½МБх½ЧП) составляла 3,50%, что выше, чем у сверстниц черно-пестрой породы, на 0,26%. При полном наборе и практически равной доле незаменимых аминокислот в белке молока помесных и чистопородных коров – по 48,0%, помесные, уступаая по содержанию триптофана, имели достоверное превосходство по незаменимым аминокислотам: изолейцину, лизину, тирозину, треонину и заменимым: аланину, аргинину и аспарагиновой кислоте + аспарагин. Это дает основание рекомендовать использование монбельярдских в коммерческих стадах коров черно-пестрой породы для повышения массовой доли белка и улучшения его аминокислотного состава.

AMINO ACID COMPOSITION AND BIOLOGICAL VALUE OF PROTEINS MILK FROM BLACK-AND-WHITE COWS AND THEIR CROSSBREDS FROM MONTBELIARD

Levina G.N., Maksimchuk M.G., Artyukh V.M.

Federal Science Center for Animal Husbandry,
142132, Moskovskaya oblast, Dubrovitsi
E-mail: gnlevina@yandex.ru

The relevance of research is to search for selection methods to increase the mass fraction of protein and its biological value in the milk of Black-and-white cows. The purpose of the research was to study the amino acid composition and biological value of milk protein in cows of modern Black-and-white breed and its crossbreeds with the Montbeliard breed to determine the prospects of using this breed in commercial herds of Black-and-white breed. It was found that the mass fraction of protein in the milk of crossbred animals (½MB½BaW) was 3.50%, which is higher than that of peers of the Black-and-white breed by 0.26%. With a full set and almost equal proportion of essential amino acids in the milk protein of crossbred and purebred cows – 48.0%, crossbred, inferior in terms of tryptophan, had a significant superiority in essential amino acids: isoleucine, lysine, tyrosine, threonine and interchangeable: alanine, arginine and aspartic acid + asparagine. This makes it possible to recommend the use of Monbellards in commercial herds of black-and-white cows to increase the mass fraction of protein in milk and improve the amino acid composition of its protein.

Ключевые слова: черно-пестрая порода, монбельярдская порода, генотипы, аминокислоты, биологическая ценность белков, аминокислотный коэффициент усвояемости белков

Key words: Black-and-white breed, Montbeliard breed, genotypes, amino acids, biological value of proteins, amino acid coefficient of protein assimilation

Черно-пестрая порода в Российской Федерации по численности поголовья занимает первое место, составляя 51,01% [1]. Совершенствование ее на протяжении почти четырех десятилетий осуществлялось при использовании голштинской породы в качестве улучшающей. Однако в процессе работы с отечественной черно-пестрой породой зачастую игнорировали функциональные особенности голштинов, которые привели к сокращению продуктивного долголетия, изменению качественного состава молока и другим негативным проявлениям [2, 3]. Сложившиеся обстоятельства вызвали необходимость поиска новых эффективных приемов селекции молочного скота, разработкой которых озадачены ученые разных стран [4, 5]. В последнее время проявился глобальный интерес к такому направлению в селекции как скрещивание молочных пород, в частности и голштинской, с комбинированными породами (симментальской, монбельярдской, бурой швицкой), что позволило улучшить у потомства состав молочных компонентов, воспроизводительные качества, продуктивное долголетие, функциональное состояние, устойчивость коров к метаболическим и неинфекционным заболеваниям [6, 7].

Принимая во внимание позитивный мировой опыт использования на молочных породах монбельярдской (МБ), нами был поставлен эксперимент по скрещиванию монбельярдских быков с черно-пестрыми коровами в нашей стране. В числе изучаемых аспектов была массовая доля белка в молоке и его биологическая ценность, так как белок находится на первом месте селекционного приоритета и в значительной степени генетически детерминирован [8, 9].

В питании человека и животных важнейшей эволюционно-выработанной составляющей является потребность в белке и, прежде всего, в эссенциальных (незаменимых) аминокислотах. Являясь мономерными звеньями белков, аминокислоты представляют собой исходные вещества для синтеза белка и в значительной степени определяют его свойства. Из 20 аминокислот, присутствующих в пищевых белках, часть из них являются незаменимыми для человека (лейцин, изолейцин, лизин, метионин, цистеин, фенилаланин, тирозин, треонин, триптофан, валин, гистидин). Источником полноценного белка являются продукты животного происхождения, которые усваиваются организмом че-

ловека на 93-96%. Уникальность молока как пищевого продукта заключается в том, что оно практически полностью снабжает организм незаменимыми питательными веществами, причем в той форме, которая обеспечивает процесс их усвоения пищеварительной системой. Белки молока, в отличие от фибриллярных белков мяса, являясь глобулярными и присутствуют в коллоидной форме. Величина и структура мицелл казеина обеспечивает возможность их коагуляции в желудке, предотвращая быстрый переход большой массы белка в толстый кишечник.

В молоке содержится больше таких незаменимых аминокислот как метионин, триптофан, изолейцин, чем в рыбе, мясе и растительных белках. Протеины молока выполняют разнообразные жизненные функции: являются основой структурных единиц (белок клеточных мембран), участвуют в передаче информации (гормоны), защите организма (лизоцим, иммуноглобулин) и другие. Молочные белки являются источником не только незаменимых аминокислот, но и минеральных веществ. В белке оболочек жировых шариков содержится значительное количество фосфолипидов, аргинина и треонина – аминокислот, нормализующих процессы роста и развитие организма. Доля молочных белков от общего количества потребляемого протеина в развитых странах составляет для взрослых около 20%, для детей дошкольного возраста – около 50-60%, в развивающихся странах – менее 6% [10].

Белки оценивают по их биологической ценности, которая определяется тем количеством белков организм, которое может быть синтезировано из 100 г протеина, поступившего с пищей. Белки молока имеют высокую биологическую ценность, уступая по этому качеству только яичным белкам.

Цель исследований – изучение аминокислотного состава и биологической ценности белка молока коров черно-пестрой породы и ее помесей с монбельярдской для определения перспективы использования последней в коммерческих стадах черно-пестрого скота, имеющего высокую кровность по голштинам.

Методика. Экспериментальные исследования проводили в 2016-2019 гг. в СПК «Колхоз имени Горина» Белгородской области, поголовье коров в котором составляет 2500 голов с продуктивностью 8564 кг молока при массовой доле белка 3,23% и жира – 3,73%. Содержание животных беспривязное в условиях современного молочного комплекса. Были сформированы две группы коров по 35 голов в каждой, аналоги по возрасту и дате отела. В 1 группу вошли помесные полукровные животные, полученные от скрещивания монбельярдских быков с коровами черно-пестрой породы (½МБх½ЧП), во 2 – чистопородные черно-пестрые (ЧП).

Для определения аминокислотного состава, учитывая по выборкам групп средние данные по массовой доле белка и жира, отбирали на 4-5 месяце первой лактации пробы от 4 коров из каждой группы. При выполнении исследований руководствовались общепринятыми методиками. Аминокислотный состав белков молока определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence (Япония) [11].

Для установления биологической ценности использовали аминокислотный коэффициент усвояемости белков (Protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS)), рекомендованный FAO/ВОЗ в 1993 году [12]. Этот метод позволяет контролировать не только концентрацию эссенциальных аминокислот, но опреде-

лять степень их переваривания. PDCAAS рассчитывали по формуле:

$$PDCAAS = \frac{A_1}{A_2} \times K,$$

где A_1 – количество лимитирующей аминокислоты (г) в 100 г белка молока;

A_2 – количество этой же аминокислоты (г) в 100 г «эталонного» белка;

K – доля истинной усвояемости белков молока ($K=95\%$).

Лимитирующую аминокислоту (A_1) определяли по минимальному значению аминокислотного числа конкретной незаменимой аминокислоты по формуле:

$$A_1 = \frac{A}{A_2},$$

где A – количество незаменимой кислоты (г) в 100 г белка молока.

Для оценки биологической ценности белков молока использовали утвержденный в 2011 году FAO/ВОЗ состав эталонного белка (A_2) [13], который отражает потребность в незаменимых аминокислотах детей в возрасте от 2-5 лет, считающуюся самой высокой относительно других возрастных групп.

Полученный в эксперименте цифровой материал обработан методом вариационной статистики по алгоритмам [14] с использованием компьютерной программы Microsoft Office «Excel». Достоверность разности между показателями определялась с использованием критериев непараметрической статистики для связанных совокупностей и была рассчитана по Стьюденту.

Результаты и обсуждение. По массовой доле белка в молоке дочери монбельярдских быков превосходили сверстниц черно-пестрой породы на 0,26% (3,50% против 3,24%).

Исследования аминокислотного состава белков молока, представленные в таблице 1, позволили выяснить, что в молоке животных обеих групп имеется полный набор и высокая концентрация незаменимых и заменимых аминокислот. Среди незаменимых аминокислот наибольшим количеством характеризовались фенилаланин + тирозин, лизин, лейцин, валин, наименьшим – триптофан. Высокую концентрацию заменимых аминокислот в белке имели глутаминовая кислота + глутамин, пролин, аспарагиновая кислота + аспарагин, а наименьшую – аланин, глицин.

Общая доля незаменимых аминокислот в белке молока коров подопытных групп практически не различалась – по 48,0%, аминокислотный индекс составил 0,94, то есть был практически на уровне показателей отечественных пород (симментальской и других) – от 0,93 до 1,16 [15].

Помесные коровы имели достоверное превосходство над чистопородными по содержанию в белке незаменимых аминокислот – изолейцина, лизина, тирозина, треонина; заменимых – аланина, аргинина и аспарагиновой кислоты + аспарагин и уступали по содержанию триптофана. Однако коэффициент вариации его был выше у коров 1 группы, причем при большей массовой доле белка в молоке. В целом коэффициенты вариации содержания аминокислот в молоке коров обеих групп были невысокими, но величины различались между группами (табл. 2).

Биологическая ценность белков определяется сбалансированностью содержащих в них незаменимых

Табл. 1. Аминокислотный состав белков молока

Аминокислота	В нмоль/мл		В % от общего состава молока		В % от общего белка	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
<i>Незаменимые, всего, $\Sigma(A)$</i>	2035,39	1821,91	1,70	1,57	48,54	47,63
Валин	297,73±9,96	269,56±13,19	0,21±0,007	0,19±0,007	5,97±0,033	5,90±0,112
Гистидин	104,28±3,26	93,61±4,64	0,09±0,003	0,09±0,004	2,70±0,024	2,65±0,056
Изолейцин	223,02±7,50*	197,08±8,07	0,18±0,006*	0,16±0,005	5,01±0,018*	4,84±0,057
Лейцин	420,62±13,99	381,61±17,22	0,33±0,011	0,31±0,011	9,44±0,034	9,35±0,142
Лизин	329,04±13,81	289,52±13,35	0,29±0,012	0,26±0,010	8,23±0,069*	7,91±0,138
Метионин + цистеин	96,70±3,94	91,26±3,64	0,09±0,004	0,08±0,002	2,47±0,054	2,54±0,026
Тирозин	155,56±6,84	138,85±4,24	0,17±0,007	0,16±0,003	4,82±0,047*	4,71±0,006
Треонин	216,06±9,70*	188,25±6,56	0,15±0,007*	0,14±0,003	4,40±0,05***	4,19±0,016
Триптофан	29,00±0,85	24,18±4,67	0,03±0,001	0,03±0,0004	0,77±0,014**	0,84±0,006
Фенилаланин	163,38±5,41	148,00±5,68	0,16±0,006	0,15±0,004	4,73±0,019	4,69±0,038
<i>Заменимые, всего, $\Sigma(A_1)$</i>	2401,73	2160,13	1,81	1,67	51,53	51,97
Аланин	182,41±8,36*	152,76±4,52	0,10±0,004*	0,08±0,002	2,78±0,028***	2,54±0,004
Аргинин	114,01±3,72*	100,94±3,29	0,12±0,004*	0,11±0,002	3,40±0,015***	3,28±0,012
Аспарагиновая кислота + аспарагин	336,52±14,00	296,48±13,16	0,27±0,011	0,24±0,008	7,65±0,076*	7,37±0,116
Глицин	142,26± 4,69	134,17±3,54	0,06±0,002	0,06±0,001	1,83±0,020	1,88±0,004
Глутаминовая кислота + глутамин	856,01±31,68	772,69±35,09	0,75±0,027	0,70±0,025	21,32±0,020	22,27±0,342
Пролин	466,04±17,45	428,91±17,27	0,32±0,012	0,30±0,009	9,17±0,102	9,23±0,101
Серин	304,48±13,81	274,18±9,40	0,19±0,008	0,18±0,004	5,38±0,057	5,40±0,025
<i>Отношение $\Sigma(A) / \Sigma(A_1)$</i>	-	-	0,94	0,94	-	-

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

аминокислот по отношению к идеальному белку (шкалы ФАО/ВОЗ), а также эффективностью их использования человеческим организмом. Для синтеза собственных белков организму человека необходимо не только достаточное количество каждой незаменимой аминокислоты, но важно их соотношение. Недостаток хотя бы одной эссенциальной аминокислоты ограничивает использование всех остальных аминокислот в процессе жизнедеятельности организма [16].

Расчитанные показатели биологической ценности белков молока (табл. 3) свидетельствуют о том, что аминокислотное число незаменимых аминокислот варьирует в широком диапазоне: у коров 1 группы от 1,07 для совокупности метионин+цистеин до 2,33 – фенилаланин+тирозин; у коров 2 группы по тем же аминокислотам – от 1,10 до 2,29. Поэтому сумма метионина и цистеина в обеих группах в данном случае будет лимитирующей и определяющей уровень использова-

ния других незаменимых аминокислот молока. При высокой природной усвояемости белков молока (95%), организмом человека будет использовано 100% от поступивших эссенциальных аминокислот при аминокислотном коэффициенте усвояемости белков молока коров 1-ой группы 102% и коров второй группы – 104%.

Незаменимая аминокислота метионин является предшественником цистеина и таурина, имеет важное значение при синтезе этих веществ. Она также известна своими антиоксидантными свойствами, что делает ее отличным защитником от свободных радикалов и токсинов. Аминокислота вступает в реакции с вредными веществами, защищая клетки от разрушения, способствует очищению организма от токсинов и тяжелых металлов. Метионин в метаболизме ответственен за биосинтез различных веществ, например, адреналина, карнитина, гистидина и глутатиона. Помимо этого, он стимулирует клеточную регенерацию печени,

Табл. 2. Коэффициенты вариации содержания аминокислот в белке молока коров подопытных групп, %

Группа	Незаменимые аминокислоты									
	Валин	Гистидин	Треонин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин + цистеин	Тирозин	Триптофан	Фенилаланин
1	1,12	1,77	2,22	0,73	0,71	1,67	4,4	1,95	3,7	0,81
2	3,8	4,25	0,75	2,35	3,03	3,48	2,05	0,24	1,31	1,63
Группа	Заменимые аминокислоты									
	Аланин	Аргинин	Аспарагиновая кислота + аспарагин	Глицин	Глутаминовая кислота + глутамин	Пролин	Серин			
1	2,05	0,9	1,98	2,17	0,19	2,23	2,07			
2	0,35	0,72	3,14	0,43	3,22	2,19	0,91			

Табл. 3. Биологическая ценность белка молока коров подопытных групп

Аминокислота	Эталон ФАО/ВОЗ		Содержание, г/100 г		Аминокислотное число	
	содержание, г/100 г	аминокислотное число	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
Изолейцин	3,0	1,0	5,0	4,8	1,67	1,61
Лейцин	6,1	1,0	9,4	9,4	1,55	1,53
Лизин	4,8	1,0	8,2	7,9	1,71	1,65
Метионин + цистеин	2,3	1,0	2,5	2,5	1,07	1,10
Фенилаланин + тирозин	4,1	1,0	9,5	9,4	2,33	2,29
Треонин	2,5	1,0	4,4	4,2	1,76	1,68
Триптофан	0,66	1,0	0,8	0,8	1,17	1,27
Валин	4,0	1,0	6,0	5,9	1,53	1,51
Гистидин	1,6	1,0	2,7	2,6	1,69	1,65
Всего	29,06	–	48,5	47,5		
Усвояемость белков молока, %					95	
Аминокислотный коэффициент усвояемости белков (PDCAAS), %			102	104		

предотвращая развитие таких серьезных заболеваний как гепатит, цирроз, жировая печеночная дистрофия и многих других, уменьшает уровень гистамина в крови, тем самым блокируя вспышки аллергических реакций. Метионин является серосодержащей аминокислотой, следовательно, компенсирует дефицит данного вещества в организме. Цистеин же разрушает слизь в дыхательных путях, ускоряя процессы выздоровления при заболеваниях органов дыхания, и играет важную роль в активизации лейкоцитов и лимфоцитов [17].

Таким образом, установили, что содержание белка в молоке помесных животных (½МБ x ½ЧП) на 0,26% выше, чем у сверстниц черно-пестрой породы. При практически равной доле незаменимых аминокислот в белке молока помесных и чистопородных коров (48,0%), помесные животные, уступая по содержанию триптофана, имели достоверное превосходство по таким незаменимым аминокислотам как изолейцин, лизин, тирозин, треонин и заменимым – аланин, аргинин и аспарагиновая кислота + аспарагин. Это дает основание рекомендовать использование скрещивания монбельярдов с коровами черно-пестрой породы в коммерческих стадах для повышения массовой доли белка и улучшения его аминокислотного состава.

Литература

1. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2018) [Текст]. – М.: ФГНУ ВНИИПлем, 2019. – 272 с.
2. Bjelland D.W., Weigel K.A., Vukasinovic N., Nkrumah J.D. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding // *J. Dairy Science.* – 2013. – Vol. 96. – P. 4697-4706.
3. Heins B.J., Hansen L.B., Seykora A.J. Crossbreds of Normande-Holstein, Montbeliarde-Holstein, and Scandinavian Red-Holstein compared to pure Holsteins for days to first breeding, first service conception rate, days open, and survival // *J. Dairy Science.* – 2005. – Vol. 88 – P. 93.
4. O'Neill C.J., Swain D.L., Kadarmideen H.N. Evolutionary process of *B. taurus* cattle in favorable versus unfavorable environments and its implications for genetic selection // *Evolutionary Applications.* – 2010. – Vol. 3. – P.422–433.
5. Henderson L., Miglior F., Sewalem A., Wormuth J., Kelton

- D., Robinson A., Leslie K.E. Short communication: Genetic parameters for measures of calf health in a population of Holstein calves in New York State // *J. Dairy Science.* – 2011. – Vol. 94. – P.6181-6187.
6. Heins B.J., Hansen L.B., De Vries A. Survival, lifetime production, and profitability of crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red compare to pure Holstein cows // *J. Dairy Science.* – 2012. – Vol. 95(2). – P. 1011-1021.
7. Dezetter C., Leclerc H., Mattalia S., Barbat A., Boichard D., Ducrocq V. Inbreeding and Crossbreeding parameters for production and fertility traits in Holstein, Montbeliarde and Normande cows // *J. Dairy Science.* – 2015. – Vol. 98(7). – P. 4904-4913.
8. Жебровский Л.Г. Селекция животных: учеб. для вузов. – СПб.: Лань, 2002. – 254 с.
9. Снопова А.А. Пути повышения белковости молока. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 84 с.
10. Тёпел А. Химия и физика молока. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.
11. ГОСТ 32201–2013 (ISO13904: 2005). Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. – Введ. 2015–07–1. – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
12. Schaafsma G. Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets // *Brit. J. Nutr.* – 2012. – Vol. 108. – P. 333-336.
13. Protein quality evaluation: report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. – Rome: FAO, 1991. – 66 p. Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38133/1/9251030979_eng.pdf.
14. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.
15. Мусенко И.В. Продуктивные и биологические особенности коров основных молочных пород в условиях интенсивной технологии: автореф. дис. ...канд. с-х. наук: 06.02.04. – Мичуринск-наукоград: 2017. – 23 с.
16. Lewis J.L. The regulation of protein content and quality in national and international food standards. // *Brit. J. Nutr.* – 2012. – Vol. 108 (Suppl S2). – P. 212-221.
17. Лысиков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – №2. – С. 88-104.

Поступила в редакцию 17.07.20
 После доработки 21.09.20
 Принята к публикации 30.09.20