




original article | UDC 637.045:[637.12+637.352]:636.27 | doi: 10.31210/visnyk2021.03.21

BIOLOGICAL VALUE OF COW MILK AND COTTAGE CHEESE OF UKRAINIAN BLACK-AND-WHITE DAIRY BREED WITH DIFFERENT GENOTYPES OF KAPPA-CASEIN (CSN3)


I. O. Polieva^{1*}

ORCID  [0000-0003-3112-8077](https://orcid.org/0000-0003-3112-8077)


I. V. Korh¹

ORCID  [0000-0002-8077-895X](https://orcid.org/0000-0002-8077-895X)


T. I. Karunna²

ORCID  [0000-0001-9290-8961](https://orcid.org/0000-0001-9290-8961)

V. S. Tenditnyk²

ORCID  [0000-0001-8451-0232](https://orcid.org/0000-0001-8451-0232)

T. S. Kodak²

ORCID  [0000-0001-7051-1971](https://orcid.org/0000-0001-7051-1971)

¹ Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 1-A, Tvarynykiv str., Kharkiv, 61026, Ukraine

² Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: ir.polevaia@gmail.com

How to Cite

Polieva, I. O., Korh, I. V., Karunna, T. I., Tenditnyk, V. S., & Kodak, T. S. (2021). Biological value of cow milk and cottage cheese of Ukrainian Black-and-White dairy breed cows with different genotypes of kappa-casein (CSN3). *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 169–177. doi: 10.31210/visnyk2021.03.21

The article presents experimental data on the study of amino acid composition and amino acid score of milk of Ukrainian Black-and-White dairy cows with different genotypes of kappa-casein. The aim of the study was to identify the link between the kappa-casein gene (CSN3) and the biological value of milk and cottage cheese of the Ukrainian Black-and-White dairy cows breed. The research was conducted at “Profintern” branch of the breeding plant for breeding the Ukrainian Black-and-White dairy breed of the state enterprise “Hontarivka” of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The processing of the obtained results and the analytical part were carried out on the research base of the Testing Center of the Institute of Animal Science of NAAS. To conduct the scientific and economic experiment, a group of dairy cows of the Ukrainian Black-and-White breed was formed – 95 heads. Gene polymorphism analysis was conducted by PCR – RFLP method. According to the results of DNA testing for the kappa-casein gene (CSN3), the selected herd was divided into three groups of cows with genotypes: AA; AB and BB. The identification of milk and sour milk cheese amino acid spectrum was performed in five dried out samples from each subgroup of cows on the basis of RUE “The Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry”, by the method of liquid chromatography using the automatic amino acid analyzer of Hitachi-8900 brand, according to ISO 13903 requirements. Quantitative assessment of the amino acid composition of milk and cottage cheese was given by the total amount of essential and replaceable amino acids in 1 g of protein. The amino acid index was calculated by the ratio of essential to replaceable amino acids. As a result of the conducted researches, it has been established that the cows with the genotype of CSN3^{BB} of kappa-casein there had the tendency to increase the ratio of essential amino acids to replaceable ones in comparison with AA and AB animal genotypes by 9.0 and 5.9 %, respectively. When assessing the compliance of milk biological value of the experimental cows with the preferable protein according to the FAO/WHO scale, it should be noted that it was of better quality in animals with CSN3^{BB} genotype. The protein of cottage cheese made from cow milk, regardless of the genotype, was poor in essential amino acids. The scores of all essential amino acids ranged from 47.1 % to 124.9 %. It has been found that the milk of BB cow genotype as to the amino acid index and the score of

ideal protein was characterized as a product of high biological value. It has been revealed that due to the balanced concentration of essential and non-essential amino acids in the protein of sour milk cheese made from milk of cows with AB and BB genotypes, its nutritional and biological value increased in comparison with animals with AA genotype.

Key words: milk, cottage cheese, amino acids, amino acid score, biological value, kappa-casein genotype (CSN3).

БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ МОЛОКА КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ІЗ РІЗНИМИ ГЕНОТИПАМИ КАПА-КАЗЕЇНУ (CSN3) ТА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

I. O. Poleva¹, I. V. Korh¹, T. I. Karunna², V. S. Tenditnik², T. S. Kodak²

¹ Інститут тваринництва НААН, м. Харків, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У статті викладено експериментальні дані з дослідження амінокислотного складу та амінокислотного скору молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну. Мета дослідження полягала у виявленні зв'язку гену капа-казеїну (CSN3) з біологічною цінністю молока корів української чорно-рябої молочної породи та сиру кисломолочного. Дослідження виконували в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи відділення «Профінтерн» ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН. Опрацювання одержаних результатів та аналітичну частину проводили на дослідній базі Випробувального центру Інституту тваринництва НААН. Для проведення науково-господарського дослідження сформувавши групу дійних корів української чорно-рябої молочної породи – 95 голів. Аналіз поліморфізму генів виконували методом PCR–RFLP. За результатами ДНК-тестування за геном капа-казеїну (CSN3) відібране поголів'я розподілили на три групи корів із генотипами: AA; AB і BB. Ідентифікацію амінокислотного спектра молока та кисломолочного сиру проводили у п'яти висушених зразках із кожної підгрупи корів на базі РУП «Науково-практичний центр Національної академії наук Білорусі з тваринництва» методом рідинної хроматографії за умови використання автоматичного аналізатора амінокислот марки Hitachi–8900, згідно з вимогами ISO 13903. Кількісну оцінку амінокислотного складу молока і кисломолочного сиру давали за загальною сумою незамінних і замінних амінокислот в 1 г білка. Амінокислотний індекс розраховували за співвідношенням незамінних до замінних амінокислот. У результаті проведених досліджень встановлено, що у корів із генотипом капа-казеїну CSN3^{BB} була наявна тенденція до підвищення у ньому на 9,0 і 5,9 % співвідношення незамінних амінокислот до замінних порівняно з тваринами із генотипами AA і AB. За оцінки відповідності біологічної цінності молока піддослідних корів ідеальному білку за шкалою ФАО/ВОЗ варто зауважити, що у тварин із генотипом CSN3^{BB} воно мало вищу якість. Білок сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів незалежно від їхнього генотипу, був бідний на есенціальні амінокислоти. Скори всіх незамінних амінокислот перебували в діапазоні значень від 47,1 % до 124,9 %. Встановлено, що молоко корів із генотипом BB за амінокислотним індексом та скором ідеального білка характеризується як продукт високої біологічної цінності. Виявлено, що завдяки збалансованій концентрації замінних і незамінних амінокислот у білку сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипами AB і BB, його харчова та біологічна цінність підвищилися проти продуктів тварин із генотипом AA.

Ключові слова: молоко, сир кисломолочний, амінокислоти, амінокислотний скор, біологічна цінність, генотип капа-казеїну (CSN3).

Вступ

На сьогодні молочне скотарство дуже потребує покращення якісних складників молока, такі умови встановлюють молокопереробні підприємства для забезпечення населення необхідним обсягом молочної продукції. Іноземні науковці у своїх дослідженнях вказують на те, що завдяки наполегливій селекції з'явилася можливість підвищити кількість надоїв у господарствах. Проте це не єдина проблема для сучасної молочної промисловості, бо не тільки кількість, але і якість молока також є основною задачею для подальшого розв'язання [1, 2]. Відомо, що породна належність безпосередньо впливає на кількість надоїв, фізико-хімічний склад, технологічні властивості молока. Ці

складники тісно пов'язані з результатами, які отримані нашими науковцями [3, 4]. Зарубіжні вчені також виявили безпосередній вплив породи та генотипу на вміст у ньому поживних речовин [5–7]. Утім [8–10] дійшли висновку, що використання молока різних порід не однаково є придатним для виробництва того чи того молочного продукту.

Біологічна та харчова цінність молока корів повністю залежить від його якісних компонентів, тоді як склад масової частки білка визначається наявністю в ньому замінних та незамінних амінокислот. На вміст амінокислот у молоці корів впливає низка чинників: порода, технологія годівлі і утримання, сезон року, генетичні особливості, хімічний склад молока тощо [11]. Оскільки амінокислотний склад молока повністю обумовлюється кількісним вмістом у ньому масової частки білка, то цей компонент є сезонозалежним. Зокрема [12, 13] у своїх дослідженнях дійшли висновку, що коливання якісних складників молока тісно пов'язані зі змінами сезону року, утім масові частки білка і жиру змінювалися залежно від сезону найсуттєвіше. Ці автори наголошують на щодо більш тривалому часі зсідання весняного молока під дією сичужного ферменту, ніж зимового. Погіршення якості весняного молока автори безпосередньо пов'язують зі зменшенням у ньому вмісту кальцію, вільних амінокислот і вітамінів, як наслідок, зниження повноцінності кормів та принципових розмаїть перетворень в обміні поживних речовин в організмі корів. Крім того, ця концепція ґрунтується на гіршому розвитку молочнокислих бактерій у молоці та слабкій енергії кислото утворення.

На сьогодні відомо, що поліморфізм гену капа-казеїну (CSN3) є маркерною ознакою, яка пов'язана з білковомолочністю. Виявлено, що найчастіше стрівальними алелями є А і В, які різняться заміною двох амінокислот у позиції поліпептидного ланцюга: 136 треоніну (Thr) на ізолейцин (Iso) і 148 аспарагінової кислоти (Asp) на аланін (Ala) та спричинені точковими мутаціями в позиціях 5309 (С/Т) і 5345 (А/С) нуклеотидної послідовності четвертого екзону капа-казеїну, інші алелі є рідкісними для більшості порід великої рогатої худоби [14–18].

У розвинених європейських країнах ведеться постійна селекційна робота щодо ідентифікації та накопичення у стаді корів бажаного генотипу, який асоціюється з підвищенням білковомолочності і технологічних властивостей молока [19, 20]. У своїх дослідженнях [21] виявили тенденцію до впливу генотипів капа-казеїну (CSN3) на амінокислотний склад молочного білка у корів білоруської чорно-рябої породи. Автори стверджують, що тварини, які мають у своєму геномі генотип CSN3^{BB} характеризуються вищими перевагами порівняно з генотипами CSN3^{AA} і CSN3^{AB} за сумарним амінокислотним складом молочного білка на 1,68–2,14 %, зокрема за вмістом лізину – на 0,7 % і 0,74 %, аргініну – на 0,8 і 1 %; треоніну – на 0,24 і 0,4 %. Проаналізувавши наукові здобутки науковців щодо впливу генотипу капа-казеїну (CSN3) на амінокислотний склад молока корів, виявлено суперечливість одержаних результатів, що і стало підставою для проведення досліджень.

Мета дослідження: виявити зв'язок гену капа-казеїну (CSN3) з біологічною цінністю молока корів української чорно-рябої молочної породи та сиру кисломолочного.

Матеріали і методи досліджень

Експериментальну частину роботи виконували в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи відділення «Профінтерн» ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН Вовчанського району Харківської області. Опрацювання одержаних результатів та аналітичну частину проводили на дослідній базі Випробувального центру Інституту тваринництва НААН, акредитованого Національним агентством з акредитації України, відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Для проведення науково-господарського досліду сформували групу дійних корів української чорно-рябої молочної породи – 95 голів. Аналіз поліморфізму генів виконували методом PCR–RFLP. Геномну ДНК виділяли з індивідуальних зразків біологічного матеріалу (волосяні цибулини), відібраного від піддослідних корів з використанням комерційного набору реагентів «ДНК–сорб В» (AmpliSens, Росія). За результатами ДНК-тестування за геном капа-казеїну відібране поголів'я розподілили на три групи корів із генотипами: АА; АВ і ВВ. Групи комплектували за принципом пар-аналогів за породною належністю, живою масою та часом останнього отелення.

Дослідження амінокислотного складу молока корів та виготовленого з нього сиру кисломолочного проводили у період роздою (на 60–70-у доби лактації). Ідентифікацію амінокислотного спектра молока та кисломолочного сиру проводили у п'яти висушених зразках із кожної підгрупи корів на базі РУП «Науково-практичний центр Національної академії наук Білорусі по тваринництву» методом рідинної хроматографії за умови використання автоматичного аналізатора амінокислот марки

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

Hitachi–8900, згідно з вимогами ISO–13903. Висушені зразки до лабораторного аналізу зберігали в холодильнику за температури +4 °С протягом одного місяця. Кількісну оцінку амінокислотного складу молока і кисломолочного сиру давали за загальною сумою незамінних і замінних амінокислот в 1 г білка. Амінокислотний індекс розраховували за співвідношенням незамінних до замінних амінокислот.

Амінокислотний скор молока та сиру кисломолочного визначали на підставі розрахунку співвідношення кожної незамінної амінокислоти в білку молока до її вмісту в «ідеальному» білку і виражали у відсотках.

Для математичного опрацювання результатів використовували ліцензійне програмне забезпечення Microsoft Office Excel 2007 із вбудованими статистичними функціями.

Результати досліджень та їх обговорення

Порівнюючи одержані результати досліджень, прослідковувалась чітка закономірність: зі збільшенням вмісту масових часток білка і сухого знежиреного залишку в молоці корів із генотипом ВВ як загальна сума амінокислот, так і амінокислотний індекс, зростали (табл. 1).

Лабораторні дослідження свідчать, що зростання загальної суми амінокислот у молоці корів із генотипом ВВ проти тварин із генотипом АА на 9,2 % відбувалося як наслідок помітного накопичення в їхньому складі незамінних – на 14,9 % та замінних – на 5,5 % амінокислот. Наразі основний внесок у формування загальної суми незамінних амінокислот у білках молока корів із генотипом ВВ був забезпечений підвищеним вмістом лізину на 14,2 % ($p < 0,05$), метіоніну – на 17,9 % ($p < 0,05$), гістидину – на 27,1 % ($p < 0,05$) та ізолейцину – на 12,9 % ($p < 0,05$). Примітно, що виявлена залежність характерна і стосовно решти амінокислот, серед яких за вмістом треоніну, ізолейцину, лейцину і фенілаланіну відмінність між цими групами залишалася досить високою і коливалася від 12,9 % до 14,6 %, рівень різниці статистично позначився як тенденція.

1. Амінокислотний склад білків молока корів із різними генотипами капа-казеїну, г/кг, ($M \pm m$, $n =$ по 5 голів у кожній групі)

Найменування амінокислоти	Генотип капа-казеїну		
	АА	АВ	ВВ
Лізин	2,25±0,10	2,28±0,07	2,57±0,09 ^{#/0}
Метіонін	0,67±0,03	0,70±0,04	0,79±0,04 [#]
Гістидин	0,70±0,04	0,79±0,07	0,89±0,06 [#]
Треонін	1,23±0,08	1,25±0,08	1,39±0,08
Ізолейцин	1,40±0,08	1,42±0,06	1,58±0,02 [#]
Лейцин	2,68±0,11	2,72±0,12	3,07±0,13
Фенілаланін	1,48±0,12	1,50±0,10	1,68±0,05
Сума незамінних амінокислот	10,42	10,66	11,97
Серин	1,58±0,06	1,58±0,06	1,78±0,09
Глутамінова кислота	5,83±0,12	6,05±0,15	6,83±0,18 ^{##/0}
Пролін	3,17±0,18*	2,86±0,09	2,67±0,11
Гліцин	0,79±0,13	0,75±0,09	0,63±0,07
Аланін	0,99±0,08	0,88±0,01	0,83±0,03
Сума цистину і цистеїну	0,20±0,02	0,20±0,01	0,18±0,01
Аргінін	0,88±0,09	0,92±0,01	0,99±0,03 [#]
Аспарагінова кислота	2,08±0,09	2,19±0,02	2,48±0,17
Тирозин	1,14±0,07	1,17±0,08	1,29±0,09
Сума замінних амінокислот	16,66	16,60	17,58
Загальна сума амінокислот	27,08	27,26	29,55
у т.ч. незамінних, %	38,48	39,10	40,51
замінних, %	61,52	60,90	59,49
Амінокислотний індекс	62,5	64,3	68,1

Примітки: * $p < 0,05$ – вірогідність різниці розраховано щодо корів із генотипом ВВ; [#] $p < 0,05$; ^{##} $p < 0,01$ – щодо корів із генотипом АА; ⁰ $p < 0,05$ – щодо корів із генотипом АВ.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

Свою чергою домінуючими незамінними амінокислотами у складі білків молока корів із генотипом АВ щодо представниць із генотипом АА були метіонін на 4,5 % та гістидин – на 12,9 %. До речі на тлі перевищення за вмістом цих амінокислот різниця щодо останніх за кількістю лізину, треоніну, ізолейцину, лейцину та фенілаланіну виявилась менш виразною і становила лише 1,7–1,4 % на їх користь.

Подібні зміни щодо переваги цих генотипів набули місце й у разі оцінки амінокислотного складу молока за сумарним вмістом замінних амінокислот. Зокрема генотип корів ВВ на відміну від генотипу АА вирізнявся найбільшим у структурі білків молока рівнем глутамінової кислоти на 17,2 % ($p < 0,01$) та аргініну – на 12,5 % ($p < 0,05$). З іншого боку, молоку корів цієї групи також властивий вищий вміст серину на 12,7 %, аспарагінової кислоти – на 19,2 % та тирозину – на 13,2 %, хоча ця розбіжність виявилась досить суттєвою, результат є статистично невірорідним.

Покращення якісного складу молока корів із генотипом АВ проти особин із генотипом АА супроводжувалось кількісним зростанням вмісту глутамінової кислоти на 3,8 %, аргініну – на 4,6 %, аспарагінової кислоти – на 5,3 % та тирозину – на 2,6 %. Тоді як вміст у білках молока корів із генотипом АА і АВ таких амінокислот як пролін, гліцин, аланін та сумарної кількості цистину і цистеїну перебував у більшій кількості проти представниць із генотипом ВВ відповідно на – 25,4–11,3 % та 19,1–6,1 % на фоні кількісної відповідності (1,58 і 0,20 %) за вмістом у них серину, цистину і цистеїну разом взятих, що безперечно свідчило про гіршу харчову цінність продукту.

Особливістю складу молока корів із генотипом ВВ є тенденція щодо підвищення в ньому на 9,0 і 5,9 % співвідношення незамінних амінокислот до замінних порівняно з тваринами із генотипами АА і АВ. Поступаючись тваринам із генотипом ВВ, корови з генотипом АВ перевищували середні значення відповідного показника у представниць із генотипом АА на 2,9 %. Це збільшення відбувалося, переважно, за рахунок вмісту незамінних амінокислот на 1,7 і 5,3 % проти останніх. Отже, зростання величин амінокислотного індексу у тварин із генотипами АВ і ВВ ймовірно може свідчити про те, що, незважаючи на нижчий рівень молочної продуктивності, прояв амінокислотних затрат на синтез білків молока у них є меншим.

За оцінки відповідності біологічної цінності молока піддослідних корів ідеальному білку за шкалою ФАО/ВОЗ варто зауважити, що у тварин із генотипом ВВ воно мало вищу якість. Результати розрахунку амінокислотного скору наведено в табл. 2.

2. Амінокислотний скор молока корів із різними генотипами капа-казеїну, % ($n =$ по 5 голів у кожній групі)

Найменування амінокислоти	Вміст незамінних амінокислот у еталонному білка за шкалою ФАО/ВОЗ, г/100 г білка	Генотип капа-казеїну		
		АА	АВ	ВВ
		Амінокислотний скор		
Лізин	5,5	40,9	41,5	46,7
Метіонін	3,3	20,3	21,2	23,9
Треонін	4,0	30,8	31,3	34,8
Ізолейцин	4,0	35,0	35,5	39,5
Лейцин	7,0	38,3	38,9	43,9
Фенілаланін	5,8	25,7	25,9	29,0
Загальна сума скору		191,0	194,3	217,8

Із цифрових даних таблиці видно, що за загальною сумою складників амінокислотного скору корови з генотипами ВВ перевершували особин із генотипом АА і АВ на 26,8 і 23,5 % на фоні майже однакових, що наближалися до чотирьох відсотків, кількісних відмін між останніми. Понад це, виявлені розбіжності насамперед відслідковуються з боку здебільшого накопичення двох амінокислот (лізину і лейцину) відповідно на 5,8 і 5,2 %. За кількістю решти амінокислот відмінності варіювали в діапазоні від 2,7 % до 5,6 %. Лімітуючими амінокислотами, незважаючи на генотип корів, були метіонін та фенілаланін.

Оскільки вміст масової частки білка сам собою не є критерієм поживної цінності сиру кисломолочного, а біологічна цінність продукту залежить насамперед від амінокислотного складу білка та від

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

його споживчих характеристик, то особливого значення набувають додаткові дослідження з вивчення цього питання. До того ж дані про мінливість замінних і незамінних амінокислот у білку сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів з різними генотипами капа-казеїну є суперечливими.

Результати проведених досліджень (табл. 3) свідчать про те, що білок сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів, незалежно від їхнього генотипу, бідний на есенціальні амінокислоти, такі як гістидин (6,9–7,7 % до загальної абсолютної їх кількості) і треонін (8,9–9,4 %). Утім здебільшого біологічна цінність білка сиру кисломолочного досягалася завдяки домінуванню за вмістом лейцину як основним компонентом казеїнового комплексу (22,5–24,5 %), і лізину (19,0–20,7 %). Крім цього, у достатній кількості він містив метіонін (15,7–17,2 %), фенілаланін (12,3–13,0 %) та ізолейцин (11,0–12,0 %).

3. Амінокислотний профіль сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, г/кг, (M±m, n = по 5 голів у кожній групі)

Найменування амінокислоти	Генотип капа-казеїну		
	АА	АВ	ВВ
Лізін	4,03±0,27	4,78±0,21	4,85±0,17 [#]
Метіонін	3,33±0,26	3,97±0,50	4,12±0,22 [#]
Гістидин	1,54±0,12	1,58±0,16	1,93±0,11 [#]
Треонін	1,98±0,21	2,05±0,34	2,37±0,26
Ізолейцин	2,43±0,16	2,53±0,29	3,02±0,20 [#]
Лейцин	5,20±0,93	5,31±0,62	5,67±0,38
Фенілаланін	2,73±0,44	2,84±0,14	3,28±0,45
Сума незамінних амінокислот	21,24	23,06	25,24
Серин	2,72±0,36	2,89±0,62	3,20±0,47
Глутамінова кислота	11,70±0,35	12,07±0,74	12,86±0,30 [#]
Пролін	4,70±0,63	4,87±0,75	5,16±0,72
Гліцин	0,86±0,11	0,93±0,05	1,07±0,13
Аланін	1,45±0,19	1,56±0,11	1,75±0,30
Сума цистину і цистеїну	0,21±0,03	0,26±0,01	0,26±0,02
Аргінін	1,67±0,10	1,83±0,32	2,08±0,08 [#]
Аспарагінова кислота	2,19±0,27	2,26±0,35	2,58±0,39
Тирозин	2,14±0,51	2,39±0,26	2,55±0,36
Сума замінних амінокислот	27,64	29,06	31,51
Загальна сума амінокислот	48,88	52,12	56,75
у т.ч. незамінних, %	43,45	44,24	44,48
замінних, %	56,55	55,76	55,52
Амінокислотний індекс	76,83	79,34	80,12

Примітки: [#]p<0,05 – вірогідність різниці розраховано щодо корів із генотипом АА.

Амплітуда коливань вмісту замінних амінокислот у сирі кисломолочному була не настільки суттєвою як незамінних, за винятком глутамінової кислоти, коли вона займала найбільшу питому частку у складі його білка (40,8–42,3 %), тоді як гліцин (3,1–3,4 %), цистин і цистеїн (0,76–0,90 %) – найменші. Досить рельєфні відмінності відзначалися за вмістом проліну (17,0–16,4 %). Вміст серину, аспарагінової кислоти та тирозину варіював меншою мірою: від 7,8–8,2 % – для тирозину до 9,8–10,2 % – для серину до загальної кількості замінних амінокислот. Проте стабільним і майже подібним білок сиру кисломолочного виявився за кількісним вмістом аланіну (5,3–5,6 %) та аргініну (6,1–6,6 %).

Аналіз даних таблиці дає підставу відмітити, що структура білка сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипами АВ і ВВ, порівняно з тваринами генотипу АА була найбільш збалансованою за вмістом як незамінних відповідно на 8,7 і 18,8 %, так і замінних відповідно – на 5,1 і 14,0 % амінокислот, рівень яких передусім зумовлювався підвищеною масовою часткою білка в молоці цих тварин. За присутністю у складі незамінних амінокислот лізину вони також переважали відповідно на 18,6 і 20,4 % (p<0,05), метіоніну – на 19,2 і 23,7 % (p<0,05), гістидину – на 2,6 і 25,3 % (p<0,05) та ізолейцину – на 4,1 і 24,3 %. Тоді як у білку сиру кисломолочного корів із генотипами АВ

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

і ВВ відмічалася чітка загальна тенденція щодо підвищеного накопичення треоніну на 3,5 і 19,7 % та фенілаланіну – на 4,0 і 20,2 %. Така ж міжгрупова тенденція, але менш виразна, спостерігалася і щодо збагачення білка сиру кисломолочного лейцином – на 2,1 і 9,0 %.

Наразі відміни за вмістом глютамінової кислоти та аргініну серед амінокислотного профілю заміних амінокислот між представницями з генотипами АВ та ВВ виявилися також вищими щодо особин із генотипом АА і у разі з генотипом ВВ проти останніх вони проявилися статистично вірогідною значущістю відповідно на 3,2 і 9,9 % ($p < 0,05$) та 3,6 і 9,8 % ($p < 0,05$). Більш помітні, але без статистично вірогідної різниці між групами, відзначалися розбіжності за відкладаннями цистину і цистеїну – на 23,8 % в обох випадках порівняння, тирозину – на 11,7 і 19,2 %, гліцину – на 8,1 і 24,4 %, аланіну – на 7,6 і 20,7 %, аспарагінової кислоти – на 3,2 і 17,8 %, серину – на 6,2 і 17,6 %. За нижчим рівнем щодо решти амінокислот у білку сиру кисломолочного тварин із генотипом АА синтезувався лише пролін, за яким вони поступалися на 3,5 і 8,9 % коровам із генотипами АВ і ВВ.

Установлено, що із 16 кількісно ідентифікованих в білку сиру кисломолочного амінокислот (ідентичних за вмістом у вихідних зразках молока) найвищу питому частку становили глютамінова кислота (22,7–23,9 %), лейцин (10,0–10,6 %), пролін (9,1–9,6 %) і лізин (8,3–9,2 %).

Загальна збалансованість білка сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипом АВ і ВВ насамперед була забезпечена підвищеним вмістом незамінних амінокислот, за сумарними величинами якого вони переважали особин із генотипом АА відповідно на 5,1 і 14,0 %. Однак у структурі амінокислотного спектру білка вигідно вирізнялася питома частка заміних амінокислот, яка перебувала в межах від 55,52 % до 56,55 % з незначною перевагою за цим показником тварин із генотипом АА.

Відмінності між групами за вмістом заміних і незамінних амінокислот позначилися на підвищенні величин амінокислотного індексу, рівень якого у тварин із генотипами АВ і ВВ також був відносно вищим проти корів із генотипом АА відповідно на 3,2 і 2,5 %. Утім, зіставлення особин із генотипами АВ і ВВ за концентрацією амінокислот у білку сиру кисломолочного істотної і статистично вірогідної значущості не було доведено.

Задля глибшого вивчення біологічної цінності виготовленого сиру кисломолочного виконали розрахунки амінокислотного скору (табл. 4).

4. Амінокислотний скор сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, %, ($n = \text{по } 5 \text{ голів у кожній групі}$)

Найменування амінокислоти	Вміст незамінних амінокислот у еталонного білка за шкалою ФАО/ВОЗ, г/100 г білку	Генотип капа-казеїну		
		АА	АВ	ВВ
		Амінокислотний скор		
Лізин	5,5	73,3	86,9	88,2
Метіонін	3,3	100,9	120,3	124,9
Треонін	4,0	49,5	62,5	59,3
Ізолейцин	4,0	60,8	63,3	75,5
Лейцин	7,0	74,3	75,9	81,0
Фенілаланін	5,8	47,1	49,0	56,6
Загальна сума скору		405,9	457,9	485,5

Розглядаючи одержані розрахунки біологічної цінності харчового білка сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, варто зазначити, що скорі всіх незамінних амінокислот перебували в діапазоні значень від 47,1 % до 124,9 %. Найбільша величина скору для всіх зразків притаманна метіоніну, яка наближалася до еталонного білка і змінювалася від 100,9 % до 124,9 % залежно від генотипу. Годі як лімітуючими амінокислотами виявилися треонін та фенілаланін, амінокислотний скор яких перебував відповідно на рівні 49,5–59,3 % та 47,1–56,6 %. Характерною особливістю білка сиру кисломолочного корів із генотипами АВ і ВВ є вищі на 12,8 і 19,6 % величини загальної суми скорів амінокислот проти особин із генотипом АА, що зумовлювалися зростанням біологічної цінності білка завдяки вмісту лізину на 18,6 і 20,3 % та лейцину – на 2,1 і 9,0 %. Розбіжності за цими показниками між тваринами з генотипами АВ і ВВ були менш істотними і становили відповідно 6,0; 1,5 і 6,7 %.

Висновок

У результаті дослідження молока корів української чорно-рябої молочної породи із різними генотипами капа-казеїну (CSN3) виявлено, що молоко корів із генотипом ВВ за амінокислотним індексом та скором ідеального білка характеризується як продукт високої біологічної повноцінності. Виявлено, що завдяки збалансованій концентрації замісних і незамінних амінокислот у білку сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипами АВ і ВВ, його харчова та біологічна цінність підвищилися проти тварин із генотипом АА.

Перспективи подальших досліджень. Подальша наукова робота буде спрямована на виявлення впливу генотипу капа-казеїну (CSN3) на вміст та співвідношення основних складників і енергетичну цінність молока корів української чорно-рябої молочної породи, а також вміст у ньому соматичних клітин.

References

1. Dobson, H., Smith, R., Royal, M., Knight, C., & Sheldon, I. (2007). The High-producing Dairy Cow and its Reproductive Performance. *Reproduction in Domestic Animals*, 42 (2), 17–23. doi: 10.1111/j.1439-0531.2007.00906.x
2. Cherniavska, T. O., & Izmailova, O. (2019). Yakisnyi sklad moloka koriv ukraïnskoi chervono-riaboi molochnoi porody. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 111–116. doi: 10.31210/visnyk2019.03.14 [In Ukrainian].
3. Bratushka, R. V., Sklyarenko, Yu. I., & Chernyavska, T. O., 2007. Yakisnij sklad moloka koriv ukraïnskoyi buroyi mo-lochnoyi porody ta sumskogo vnutrishnoporodnogo tipu ukraïnskoyi chorno-ryaboyi molochnoi porody. *Problemi Zoonzheneriyi Ta Veterinarnoi Medicini. Seriya: Silskogospodarski Nauki*, 22, 249–253. [In Ukrainian].
4. Sklyarenko, Yu. I., & Chernyavska, T. O., (2018). Zmini vmistu skladovih moloka pri zahvoryuvanni koriv na mastit. *Visnik Sumskogo Nacionalnogo Agrarnogo Universitetu*, 1(22), 66–68. [In Ukrainian].
5. Cheruiyot, E. K., Bett, R. C., Amimo, J. O., & Mujibi, F. D. N. (2018). Milk Composition for Admixed Dairy Cattle in Tanzania. *Frontiers in Genetics*. doi: 10.3389/fgene.2018.00142.
6. Mazhitova, A. T., & Kulmyrzaev, A. A. (2016). Determination of amino acid profile of mare milk produced in the highlands of the Kyrgyz Republic during the milking season. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 2480–2487. doi: 10.3168/jds.2015-9717
7. Mazhitovaa, A. T., Kulmyrzaeva, A. A., Ozbekovaa, Z. E., & Bodoshev, A. (2015). Amino Acid and Fatty Acid Profile of the Mare's Milk Produced on Suusamyр Pastures of the Kyrgyz Republic During Lactation Period. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 195, 2683–2688. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.479
8. Ren, D. X. (2015). A Comparison of milk protein, amino acid and fatty acid profiles of river buffalo and their F₁ and F₂ hybrids with swamp buffalo in China. *Pakistan Journal of Zoology*, 47 (5), 1459–1465.
9. Stojanovska, S. (2018). Amino acid asparagine intake through milk enriched with supplements. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, 7 (4), 392–394. doi: 10.15414/jmbfs.2018.7.4.392-394
10. Sun, Q. (2014). Comparison of milk samples collected from some buffalo breeds and crossbreeds in China. *Dairy Science of Technology*, 94 (4), 387–395. doi: 10.1007/s13594-013-0159-9
11. Borshch, O. O., Borshch, O. V., Kosior, L. T., Pirova, L. V., & Lastovska, I. O. (2019). Porivnialnyi analiz aminokyslotnoho skladu ta biolohichnoi tsinnosti bilkiv moloka koriv chystoporodnykh porid ta yikh pomisei. *Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktsii Tvarynnystva*, 1, 43–49 [In Ukrainian].
12. Klimova, E. N. (2000). Sostav i tehnologicheskie svoystva moloka korov chernopetroj porody v Moskovskoj oblasti. *Extended abstract of candidate's thesis*. Dubrovicy [In Russian].
13. Gorbatova, K. K. (2004). Biohimiya moloka i molochnyh produktov. Sankt-Peterburg: GIORD [In Russian].
14. Gallyamova, A. R. (2008). Polimorfizm kappa-kazeina v svyazi s produktivnostyu krupnogo rogatogo skota bestuzhevskoj i cherno-pestroj porod. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ufa [In Russian].

15. Tamarova, R. V., Yarlykov, N. G., & Korchagina, Yu. A. (2014). Selekcionnye metody povysheniya belkovomolochnosti korov s ispolzovaniem geneticheskikh markerov. Yaroslavl: FGBOU VPO [In Russian].
16. Beata, S., Wojciech, N., & Ewa, W. (2008). Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*, 9, 641–644.
17. Bonfatti, V., Cecchinato, A., Di Martino, G., De Marchi, M., Gallo, L., & Carnier, P. (2011). Effect of κ -casein B relative content in bulk milk κ -casein on Montasio, Asiago, and Caciotta cheese yield using milk of similar protein composition. *Journal of Dairy Science*, 94 (2), 602–613.
18. Rosero, J. A., Álvarez, L. A., Muñoz, J. E., Durán, C. V., & Rodas, Á. G. (2012). Allelic frequency of the Kappa-Casein gene in Colombian and creole cattle breeds. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25 (2), 173–182.
19. Kalashnikova, L. A., Habibrahmanova, Ya. A., & Tinaev, A. Sh. (2009). Vliyanie polimorfizma genov molochnyh belkov i gormonov na molochnyuyu produktivnost korov chornopyostroj porody. *Doklady Rossijskoj akademii selskohozyajstvennyh nauk*, 4, 49–51 [In Russian].
20. Sulimova, G. E., Ahani Azari, M., Rostamzadeh, D., Mohammad Abadi, M. R., Lazebnyj, O. E. (2007). Allelnyj polimorfizm gena kappa-kazeina (CSN3) u rossijskih porod krupnogo rogatogo skota i ego informativnost kak geneticheskogo markera. *Genetics*, 43 (1), 88–95 [In Russian].
21. Yacyna, O. A., Smuneva, V. K., & Yacyna, V. V. (2011). Aminokislotnyj sostav moloka korov belorusskoj cherno-pestroj porody s raznymi genotipami po genu kappa-kazeina. *Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva – Actual problems of intensive development of animal husbandry*, 14 (2), 50–55. [In Russian].

Стаття надійшла до редакції 14.08.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Полева І. О., Корх І. В., Карунна Т. І., Тендітник В. С., Кодак Т. С. Біологічна цінність молока корів української чорно-рябої молочної породи із різними генотипами капа-казеїну (CSN3) та сиру кисломолочного. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 169–177.

© Полева Ірина Олександрівна, Корх Ігор Володимирович, Карунна Тетяна Іванівна, Тендітник Володимир Сергійович, Кодак Тетяна Степанівна, 2021