

ВПЛИВ КАЗЕЇНОВИХ ФРАКЦІЙ МОЛОКА КОРІВ НА ЙОГО СИРОПРИДАТНІСТЬ

Приходько Микола Федорович

Сумський національний аграрний університет, Україна

Вміст білків в молоці – одна із найважливіших селекційних ознак молочної худоби. Як відомо, в молоці знаходиться близько 20 різних білкових фракцій, вміст яких багато в чому визначає технологічні властивості та харчові якості молока. Тому в сучасних умовах актуальним є селекція молочної худоби не лише за вмістом загального білку, але й за його складом, а саме за збільшення вмісту в молоці білкових фракцій, що мають значно вищу біологічну та технологічну цінність.

Таким чином, метою роботи є аналіз впливу казеїнових фракцій на сиропридатність молока.

Основним білковим компонентом молока є казеїн. Він переважає в сухих речовинах багатих білком молочних продуктів.

Казеїни відіграють провідну роль в системі зсідання молока, в процесі зв'язування і наступного транспортування іонів кальцію. Доведено, що вони є не лише поживними білками, але і являються джерелом біологічно активних речовин [1].

В процесі перетворення казеїнів в сир кислотність молока знижує їх негативні заряди, а значить, змінюються і їх фізичні властивості, що веде до зсідання казеїнів [2].

На долю казеїнів приходить 78-85% загального білка молока корів [3]. Окремі компоненти цієї групи білків зв'язані з допомогою кальцію та деяких додаткових аніонів в міцели і в такому вигляді декретуються в складі молока [2].

Міцели складаються з сотень субміцел, зв'язаних одна з одною гідрофобними взаємодіями і кальцій-фосфатними зв'язками, які утворюються

завдяки кластеризованим фосфорилірованим залишкам. Завдяки утворенню міцел досягається висока концентрація кальцію, фосфору та амінокислот в малому об'ємі та легкозасвоюваній формі. Міцели казеїну чутливі до підкислення та дії коагулянту, в результаті вони об'єднуються і утворюють казеїнову матрицю, яка включає жирові кульки і мікроорганізми. В різних сирів казеїнові матриці різні, тому що використовуються різні процеси сироприготування, коагулянти і штами заквасок. Під час дозрівання казеїни через протеоліз гідролізуються. Дія різних протеолітичних ферментів в значній мірі залежить від фізико-хімічних показників, які специфічні для кожного окремого сира. Трьохрозмірна організація казеїнової матриці та взаємозв'язок матриці з іншими компонентами (водою, жировими кульками, солями, мінеральними солями, мікроорганізмами) визначають структуру сиру [2].

Існує чотири основних типи казеїнів: α_{s1} -, α_{s2} -, β -, κ -казеїни, що складають в середньому 38, 10, 36, 13 % від загального казеїну відповідно. Казеїни поділяються на чутливі до кальцію (α_{s1} -, β - Cn) і не чутливі до нього (κ - Cn).

α_{s1} - Казеїн складається з одного поліпептидного ланцюга, що містить 199 амінокислотних залишків. В молоці корів кількість α_{s1} казеїну дорівнює 0,85-0,95 г/100 мл. Виявлено 6 молекулярних форм α_{s1} : A, B, C, D, E і F (в порядку зменшення їх рухливості) [4]. Ці варіанти були відкриті в різних породах худоби в різних країнах світу. Найбільш висока частота (0,651-1) виявлена в алеля B [5].

Повідомлення про вплив генетичних варіантів на технологічні якості молока вперше були отримані по генетичному варіанті α_{s1} -казеїну. Як відомо, α_{s1} -Cn A виник в результаті втрати 13 амінокислот в молекулі. Виявилось, що такі зміни в структурі молекули α_{s1} -Cn A впливають на технологічні властивості молока – із молока, з таким варіантом, отримують м'які і тверді сири незадовільної якості. Присутність в генотипі корів B- алеля значно покращує сиропридатні властивості молока, а присутність алеля A впливає негативно [6]. Генотип по локусу α_{s1} -Cn впливає на вміст загального білка, казеїну і забезпечує їх підвищений вміст в наступній послідовності:

AA>EE>FF. По сиропридатності молока генотипи мають цінність в такій самій послідовності. Деякі автори відмічають, що присутність генотипу корів алелів E і F асоціюється з високими сиропридатними властивостями молока, а для A, B, C- високим вмістом жиру. Виявлена тенденція зменшення часу зсідання молока при більш низькому вмісті α_{s1} -Сп (27,4 хв.), ніж при його високому та середньому рівнях (29,2 і 28,9 хв.). При низькому рівні α_{s1} казеїну спостерігається стійке збільшення виходу бажаної щільності казеїнової маси (82,1) та зменшення несиропридатної драглої маси (5,1), в порівнянні з високим і середнім його вмістом (відповідно 50-56,9) та 9,8-11,4) [7]. Хаертдинов Р. [8] повідомляють, що в процесі дозрівання сирів найбільші зміни спостерігаються у α_{s1} -фракції казеїну – вона розщеплюється на дві під фракції.

α_{s2} - Казеїн складається з декількох полорок білка, які раніш класифікувались як “малі казеїни”. α_{s2} - Казеїн по вмісту в білку повинен стояти на одному рівні з к-казеїном. Фактично їх вміст не відрізняється і складає 13 та 12,3% від загального казеїну. Абсолютний вміст α_{s2} казеїну в молоці корів різних порід складає 0,32-0,35 г/100 мл. Молекула α_{s2} казеїну складається з 207 амінокислотних залишків. α_{s2} - Казеїн звільняється легше з казеїнової фракції ніж α_{s1} [2].

Вміст α_{s0} - казеїну в молоці угорської голштино-фризьської, холмогорської, та їх помісей склав 0,186-0,222 г/100 мл, або 7,37-8,28% від загального казеїну. Найнижчі показники цієї фракції (0,186 г/100 мл) були в молоці угорських голштино-фризьських корів [7].

β - Казеїн одна із основних казеїнових фракцій. Молекула β - казеїну складається із одного поліпептидного ланцюгу, який містить 209 амінокислотних залишків. Спочатку β - казеїну виявили три варіанта A, B, C. Сьогодні вирізняють декілька амінокислотних форм β -Сп , що відрізняється по амінокислотному складу та електрофоретичній рухомості, які позначаються як A₁, A₂, A₃, B, C, D, E. Відомо 11 варіантів β - казеїну [9]. Абсолютний вміст β - казеїну в молоці дорівнює 0,7-1,0 г/100мл. Наявність в генотипі корів В- алеля, β - казеїну позитивно впливає на технологічні якості молока.

Жебровский Л.С. [10] в дослідженнях на чорно-рябій породі виявили, що самий високий вміст білка (3,41 і 3,42%) мають корови з генотипом β -Cn АВ. В роботах інших авторів також підтверджується підвищений вміст білка корів гетерозиготних по алелю В. Ця залежність виявилась характерною для обох генотипів A_1V і A_2V . Є роботи, де повідомляється, що присутність в генотипі корів В- алеля β - казеїну позитивно впливає на сиропридатні властивості молока.

к - Казеїн. К-казеїн складається з макро- і парапептидних частин. Макропептидна частина молекули складається з 64 амінокислотних залишків і має молекулярну масу 6754. Параказеїнова частина молекули містить 105 амінокислотних залишків з молекулярною масою 12269. Виявлено два варіанта к- казеїну: А і В. Обидва варіанта присутні в молоці всіх корів. Третій варіант к-Сп С, зустрічається в молоці сірої альпійської худоби. Частота А- алеля складає 0,526-0,886, В-алеля-0,114-0,448. Локус, що відповідає за синтез к-Сп, може утворювати три генотипи - к-Сп АА к-Сп ВВ та гетерозиготний к-Сп АВ. Молекули к-Сп А і к-Сп В відрізняються між собою заміною треоніну в алелі к-Сп А в 136 позиції на ізолейцин в к-Сп В і в 148 позиції – аспарагінової кислоти на аланін [11].

к - Казеїн займає особливе місце серед складових частин казеїну. Він діє як захисний колоїд всього казеїнового комплексу та обумовлює його розчинність з утворенням колоїдного розчину. к- Казеїн, на відміну від α_{s1} - і β - казеїнів, є глюкопротеїдом і містить близько 5% вуглеводів. Присутність вуглеводів підвищує розчинність к-казеїну в сольових розчинах. Цим очевидно можна частково пояснити його здатність стабілізувати міцели казеїну в молоці. к- Казеїн відіграє особливу роль в міцелоутворенні казеїнового комплексу. В поліпептидних ланцюгах казеїнів існують зони підвищеної полярності та чіткі гідрофобні зони, що мають важливе значення для утворення стійкого конформаційного стану казеїнових міцел. Середній діаметр казеїнової міцели дорівнює 100 нм і коливається від 40 до 300 нм.

к- Казеїн являє собою єдиний компонент казеїну, на який діє сичужний фермент. При дії на к-казеїн сичужних ферментів він розпадається на дисульфід-пара-к-казеїн і глікомакропептид. При цьому стабілізуюча властивість к-казеїну втрачається і казеїн коагулюється іонами кальцію. Помічено, що першим із фракцій казеїну сичужний фермент розщеплює к-казеїн, розриваючи, очевидно, непептидний, а фосфоамідний зв'язок [12].

Хаертдинов Р. та ін. зазначають, що при високому вмісті к- казеїну вихід відмінної сирної маси щільного стану збільшується на 8,7-16,5 % і тривалість зсідання молока зменшується на 1,8-8,2 хв. в порівнянні з середнім та низьким його рівнем [7].

Молоко, що містить В- варіант к-казеїну має кращу температурну стійкість, коротший час коагуляції, краще зсідання і містить міцели різної величини, що більш бажано при виробництві сирів. Доведено, що вихід сиру з молока тварин з генетичним варіантом ВВ к- казеїну значно більший, ніж з молока корів, які несуть АА і АВ генотипи, а витрати молока на одиницю продукції зменшуються на 8-10% [13]. Аналогічний висновок зробив Walsh С. D. досліджуючи вплив генотипів к- казеїну молока ірландської голштино-фризької породи при виробництві сирів моцарелла та чеддер [14].

Бутру Р., Ганьєр В. [2] показали, що не залежно від дисоціативної речовини яка використовується, к-казеїн відокремлюється від казеїнової матриці сиру так само, як і α_{s1} казеїн, що передбачає сильну взаємодію цих двох компонентів.

Дослідження багатьох авторів показують різну частоту генетичних варіантів к-казеїну в молоці різних порід. В молоці голштинських корів частота зустрічаємості В к-казеїну низька, варіанту АА- висока [13]. Згідно досліджень, що проводились в США, співвідношення генотипу ВВ к-казеїну для джерсейської породи становить 80%, швіцької – 65%, голштино-фризької – 20%.

Українські вчені стверджують, що високопродуктивні породи (голштинська та новостворені на її основі поглинальним схрещуванням породи

і генотипи) мають підвищену частоту зустрічності генотипів AA і АВ, що побічно свідчить про зв'язок алелів А і комбінації АВ з підвищеною молочністю і меншою придатністю до отримання твердих сирів високої якості типу «швейцарський». Із поширених порід світового значення - симентальська, та бурі породи: швіцька, лебединська, бура карпатська, джерсейська та інші - характеризуються більшою частотою генотипів АВ і ВВ казеїнових фракцій молока, що сприяло їх успішному використанні для виробництва сирів типу «швейцарський» та іншої продукції на основі підвищеного вмісту в молоці сухих речовин, в т.ч. жиру і білка казеїнової фракції ВВ. Особливої уваги заслуговує сіра степова худоба України, порода молочно-м'ясного та робочого напрямку продуктивності. Частота алеля В в досліджуваній групі сягає показника 0,360, що досягає рівня за цим показником симентальської 0,427–0,389, бурі карпатської 0,436 та інших спеціалізованих порід. Абсолютним чемпіоном за частотою генотипу ВВ-казеїнів молока є буйвол, в т.ч. українського кореня, азербайджано-іранського походження та групи аборигенних порід Індії, Пакистану та країн південної та південно-східної Азії. В них домінує генотип ВВ [15].

Серед поголів'я чистопородних лебединських корів 20 % є носіями гомозиготного ВВ варіанту к-казеїну, серед сименталів австрійської селекції – 2 % [16].

Ладика В.І. (1999) підтвердив наявність у популяціях бурі худоби трьох алелів к-казеїну - А, В, С. Найбільшу частку мали алелі типу В (51%) та А (48%), які перевищували алелі типу С на 39 та 36% відповідно. Найбільш бажані генотипи ВВ та АВ займали в цілому 75%. Під час удосконалення лебединської породи західноєвропейськими швіцями, частота алелів к-казеїну типу А зменшувалась на 0,1, при цьому збільшувалась на 0,12 частота зустрічальності алеля В, що є відчутним аргументом на користь помісного поголів'я. Алелі типу С серед помісей були відсутні [9].

Відомо, що казеїнові локуси тісно зчеплені і АВ генотип β-казеїну, як правило, зустрічається в комбінації з аналогічним генотипом к- казеїну. Тому

можна передбачити, що кращі сиропридатні властивості молока корів з генотипом АВ β -казеїну частково обумовлені позитивним впливом на ці властивості В- алеля к-казеїну. Дослідження показали [12] що, В-алель β -казеїну має самостійний позитивний вплив на сиропридатні властивості молока і підсилює аналогічні дії В- алеля к-казеїну. Так, при ВВ комбінації алелів β - і к- казеїну від 84,8 % корів отримано молоко, сирна маса з якого була відмінного стану і її утворення відбулося за найменший час (16,6 хв.). Сила спільного впливу двох казеїнових локусів на сиропридатні властивості молока виявилась високою і склала 0,272. Відсутність В- алеля β - казеїну, тобто поєднання АВ алелів цих локусів, знизило вихід щільного казеїнового згустку до 74,2 %. Найменша частка (52,3 %) щільного казеїнового згустку отримана при поєднанні АА алелів В- і к-казеїнів. Виходячи з цього, кожний з двох казеїнових локусів має самостійний вплив на сиропридатні властивості молока і їх дія носить адитивний характер.

γ - **Казеїн** входить в групу так званих “малих казеїнів” і не є основною фракцією, а являється фрагментом β - казеїну. В молоці корів на γ - казеїн припадає близько 5% загального білка. В дослідженнях деяких авторів вміст цієї фракції склала 0,07- 0,24 г/100 мл.

На вміст в молоці загального білка та окремих його фракцій суттєвий вплив має порода і породність тварин. На долю породної приналежності та породності припадає 2,3-8,9 % мінливості вмісту компонентів молока [5]. В молоці корів джерсейської та бурих порід, для зсідання якого сичужним ферментом необхідно менше часу, частіше виявляються алелі β -Сп В та к-Сп В, тоді як в молоці голштинських і айширських корів, що відзначаються більш тривалим зсіданням, частота зустрічаємості даних алелів нижча [11].

Отже, проаналізувавши дані численних наукових публікацій можна дійти такого висновку, що селекційна робота з молочною худобою сьогодні повинна бути направлена на зростання частоти таких генотипів як β -Сп В та к-Сп В, тому що генотип корів по білкам формує сильний вплив на сиропридатні якості молока. Найбільш ефективним є генотипування та відбір бугаїв-плідників по

цим генотипам, з використанням молекулярно-генетичних маркерів [17]. У плідників, що мають комплексний генотип, більша частина дочок наслідує В-алелі β -Сп та к-Сп і продукує молоко з відмінними сиропридатними якостями. Із порід, кращі сиропридатні властивості, мають тварини лебединської, швіцької, джерсейської та їх помісі, тому що в них найкращі поєднання генотипів основних казеїнових фракцій, де переважають В- алелі β - і к-казеїнів.

Список використаних джерел:

1. Parker F., Migliore-Somour D., Floch F. Immunostimulating hexapeptide from human casein: amino acid sequence, synthesis and biological properties. *Eur. J. Biochem.* 1984. Vol. 145. P. 677- 682.
2. Бутру Р., Ганьєр В. Роль казеїна в сыроделии. *Сыроделие и маслоделие.* 2003. № 4. С. 26-27.
3. Тепел А. Химия и физика молока. – Москва: Пищевая промышленность, 1979. – С. 159 - 206.
4. Mariani P., Russo O. Varianti geneticht delle proteine gel cattle nella razza Rendena. *Rivista di Zoot. Eveter.* 1975. № 4. P. 345-348.
5. Машуров А. М. Генетические маркеры в селекции животных. Москва: Наука, 1980. 315 с.
6. Amenu B., Hilton C Deeth. The impact of milk composition on cheddar cheese manufacture. *Australian Journal of Dairy Technology* 62 (3). 2007. URL: https://www.researchgate.net/publication/43478271_The_impact_of_milk_compositi_on_on_cheddar_cheese_manufacture.
7. Хаертдинов Р., Афанасьев М., Губайдуллин Э. Содержание белковых фракций и влияние их уровня на технологические свойства молока. *Молочное и мясное скотоводство.* 1997. № 5. С. 17-20.
8. Хаертдинов Р., Мухаметгалиев Н., Афанасьев М., Закирова Г., Елисеев А., Хасанова Л., Сайфутдинов К. Оценка сыра по белковому составу. *Молочное и мясное скотоводство.* 1999. № 3. С. 28-30.

9. Ладика В.І. Селекційні аспекти удосконалення бурої худоби за білковомолочністю. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 4. С. 51-52.

10. Жебровский Л. С., Иванова М. А. Селекционные показатели содержания белка в молоке коров черно-пестрой породы. *Плем. дело, генетика и новые методы селекции молочного скота*: труды конференции. Москва, 1970. С. 25-30.

11. Иолчиев Б., Еремина М. Использование полиморфных систем белков молока в селекции. *Молочное и мясное скотоводство*. 1996. № 2. С. 20-22.

12. Хаертдинов Р., Афанасьев М. Сыродельческие свойства молока в зависимости от генотипа коров. *Молочное и мясное скотоводство*. 1997. № 1. С. 26-29.

13. Калашникова Л.А., Стрелкова Н.А., Голубина Е.П. Полиморфизм гена каппа-казеина крупного рогатого скота красно-степной породы. *Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных*: 2-я Международная научная конференция. (ВИЖ, 19-20 ноября 2002). С. 137-138.

14. Walsh C. D. Cheddar and Mozzarella cheesemaking characteristics of bovine milks containing K-casein A and B variants. *Chemistry and Microbiology/ Dairy Quality Departments. Dairy Products Research Centre. Moorepark. Fennoy. Co. Cork*. 1999. URL: http://doras.dcu.ie/19453/1/C.D.Walsh_20130724104518.pdf.

15. Гузеєв Ю. В. Кластер генів білків молока великої рогатої худоби. Генетика, розведення і селекція. *Біологія тварин*, 2011, т. 13, № 1-2. С. 347-354

16. Ладика В.І., Обліванцов В.В. Чумель Р.І., Henning Willeke. Генетичний поліморфізм капа-казеїнового локуса білків молока у великої рогатої худоби. *Фактори експериментальної еволюції організмів*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Алушта, 2003. С. 101-105.

17. Боднарук В. Є., Музика Л. І., Боднар П. В., Жмур А. Й., Оріхівський Т. В. Нові можливості ефективної селекції у скотарстві на основі вивчення геному. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2017, т 19, № 79. С. 32-37. URL: <file:///C:/Users/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%>

[B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C/Downloads/1255-Article%20Text-2446-1-10-20171028.pdf.](#)