

ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКО-КОРИСНИХ ОЗНАК У КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ БУРОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ ЗА КАПА-КАЗЕЇНОМ

В. І. ЛАДИКА¹, Ю. І. СКЛЯРЕНКО², Ю. М. ПАВЛЕНКО¹

¹Сумський національний аграрний університет (Суми, Україна)

²Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН (Сад, Україна)

<https://orcid.org/0000-0001-6748-7616> – В. І. Ладика

<https://orcid.org/0000-0002-6579-2382> – Ю. І. Скляренко

<https://orcid.org/0000-0002-4128-122X> – Ю. М. Павленко

Sklyrenko9753@ukr.net

Проведені дослідження впливу генотипу за капа-казеїном на формування господарсько-корисних ознак великої рогатої худоби української бурої молочної породи. Встановлено, що тварини майже за всіма показниками молочної продуктивності відповідали стандарту породи. Між тваринами різних генотипів виявлена різниця за окремими господарсько-корисними ознаками. При чому в різні періоди та за різними ознаками вона варіювала, та в окремі була статистично значущою. За третьою та кращою лактацією встановлена статистично значуща різниця за величиною надою на користь генотипів АВ та ВВ.

Доведено, що формування стад з генотипом ВВ за капа-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби стад нового типу.

Ключові слова: генотип, капа-казеїн, жива маса, відтворна здатність, молочна продуктивність

FORMATION OF ECONOMICALLY USEFUL TRAITS IN COWS OF UKRAINIAN BROWN DAIRY BREED OF DIFFERENT GENOTYPES BY KAPPA-CASEIN

V. I. Ladyka¹, Yu. I. Sklyarenko², Yu. M. Pavlenko¹

¹Sumy National Agrarian University (Sumy, Ukraine)

²Institute of Agriculture of the North-East of NAAS (Sad, Ukraine)

The influence of kappa-casein genotype on the formation of economically useful traits of Ukrainian brown dairy breed cattle has been studied. It was found that the animals met the breed standard in almost all indicators of milk productivity. Between animals of different genotypes the difference on separate economically useful signs is revealed. However, in different periods and on different grounds, it varied greatly, and in some cases it was statistically significant. The third and best lactation showed a statistically significant difference in the amount of milk yield in favor of genotypes AB and BB. It is proved that the formation of herds with the BB genotype for kappa-casein will not have a negative significant impact on economically useful traits and thus ensure the preservation of the desired indicators of livestock productivity of new types of herds.

Keywords: genotype, kappa-casein, live weight, reproductive capacity, milk productivity

Казеїн є основним компонентом молочних білків. Він представлений трьома фракціями – альфа, бета і капа. Остання – єдина фракція казеїну, яка у своєму складі містить амінокислоти цистеїн і метіонін [4]. Фракція капа-казеїну є важливою складовою якості молока, а його частка складає приблизно 13% від всього казеїну молока. Особлива увага до капа-казеїну приділяється при виробництві сиру [8, 19, 25]. Пояснюється це оптимізацією виходу сиру, що має головне значення при його виробництві [6, 13].

Це пояснює велику увагу серед дослідників до фракції капа-казеїну. Встановлено, що гени казеїну великої рогатої худоби є поліморфними. На сьогодні відомо велика кількість варіантів білка капа-казеїну: А, В, В2, С, D, E, F1, F2, G1, G2, H, I і J [2, 11]. Науковці звертають увагу на три основні типи генотипів – АА, АВ і ВВ. Доведено, що найпоширенішими алелями капа-казеїну у великої рогатої худоби є А і В. Важливо, що алельний варіант капа-казеїну В пов'язаний з виробництвом молока з більш оптимальним хімічним складом і технологічними параметрами для виробництва сиру порівняно з алелем А [9, 26].

За результатами наукових досліджень встановлено, що рівень надоїв у корів з генотипом АА був вищим в порівнянні з тваринами інших генотипів [10]. При цьому більшим вмістом білка в молоці характеризуються тварини з генотипом ВВ у порівнянні з молоком від тварин з генотипом АА. Також доведено, що молоко тварин з бажаним генотипом (ВВ) при виробництві сиру зсідається швидше, а вихід сиру вищий, ніж у тварин з генотипом АА [4, 19, 24]. На підтвердження цього, інші дослідники зазначають, що у тварин з генотипом АА середній вміст білка в молоці менший (на 0,09%) порівняно з тваринами з генотипом ВВ [14, 20, 21]. За вмістом жиру в молоці тварини з генотипами АВ і ВВ переважають тварин з генотипом АА [9].

Між тваринами різних порід існує різниця за частотою генотипів капа-казеїну [16, 18]. Вищою частотою бажаного ВВ генотипу характеризуються тварини джерсейської породи (45%). При цьому частота алеля В у них складає 69%. У корів голштинської породи більшу частоту мав генотип АА (57,0%) [5, 17]. У тварин симентальської породи генотип АВ зустрічається частіше (49%) [7]. У корів червоної шведської породи більша частота характерна алелю А (65,5%) [12, 23].

Мета дослідження – встановити вплив генотипів за капа-казеїном на господарсько-корисні ознаки тварин української бурої молочної породи.

Матеріали та методи досліджень. Проведене генотипування 42 голів великої рогатої худоби української бурої молочної породи, що належать Племінному заводу Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН». Визначення поліморфізму гену капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразно ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Зразки крові відбирали у моновети об'ємом 2,7 мл ("Sarstedt", Німеччина) з наступним заморожуванням зразків та їх зберіганням при -20°C. ДНК для генотипування отримували із зразків за допомогою набору для очищення геномної ДНК Monarch® New England BioLab (США) згідно з протоколом виробника.

Для ампліфікації фрагменту гена використовували праймери:

5'-GAAATCCCTACCATCAATACC-3 ';

5'-CCATCTACGCTAGTTTAGATG-3 [22].

Для рестрикції гену капа-казеїну використовували рестриктазу HinfI [16, 18]. Після рестрикції виявляли фрагменти довжиною 113, 91, 49 п. н. (тварини генотипу АА); 224, 113, 91, 49 п. н. (тварини генотипу АВ); 224 та 49 п. н. (тварини генотипу ВВ) [15].

Електрофоретичне розділення рестриктних фрагментів ДНК проводили згідно методичних рекомендацій [1].

Сформовані три піддослідні групи тварин української бурої молочної породи з генотипами за капа-казеїном АА, АВ та ВВ.

Для оцінки господарсько-корисних ознак використовували електронну базу даних СУМС «Орсек». Оцінювали зміни живої маси худоби до 18-ти місячного віку, показники відтворної здатності, молочної продуктивності.

Результати досліджень обробляли методами математичної статистики засобами пакету «Statistica-6.1» у середовищі Windows на ПЕОМ.

Результати й обговорення. З огляду на можливе вибракування тварин з бажаним генотипом ВВ за показниками росту телиць, нами досліджено особливості зміни їх живої маси у

різні вікові періоди. Так, в дослідженнях А. Масуда [3], було встановлено, що телиці з бажаним генотипом ВВ не мали статистично значущої різниці у порівнянні з тваринами інших генотипів. Це підтвердили і результати наших досліджень. Достовірно значущого впливу даного фактора на показники живої маси в усі досліджувані періоди не виявлено. До 12-ти місячного віку перевагу за живою масою мали тварини з гомозиготним генотипом ВВ. Тварини з гомозиготним генотипом АА також відповідали середнім показникам стада. Телиці з генотипом АВ дещо поступалися за цими показниками тваринам інших груп. У 15-ти місячному віці тварини з генотипами АА та ВВ мали майже однакові середні значення живої маси та незначно переважали середні показники по стаду. У 18-ти місячному віці тварини з генотипами АА та ВВ мали середню живу масу на рівні середніх значень по стаду. При цьому телиці з генотипом АВ за середньою масою поступалися їм відповідно на 2 та 5 кг. При цьому середні показники живої маси тварин 12-місячного віку дещо поступалися стандарту породи, а починаючи з 15-ти місячного віку майже повністю відповідали йому (табл. 1).

1. Дослідження живої маси телиць з різним генотипом за капа-казеїном

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс.	15 міс.	18 міс.
АА	12	140 ± 8,3	205 ± 12,7	275 ± 11,7	338 ± 17,9	380 ± 21,6
АВ	17	137 ± 4,9	196 ± 7,9	261 ± 9,4	323 ± 8,9	378 ± 9,3
ВВ	13	141 ± 9,8	214 ± 10,7	279 ± 13,2	336 ± 15,5	383 ± 15,0
В середньому по стаду	42	139 ± 4,1	204 ± 5,8	270 ± 6,4	331 ± 7,6	380 ± 8,2

Тобто генотип тварин не впливав на ріст телиць. Це свідчить про те, що при створенні стад тварин з бажаним генотипом ВВ, показники росту ремонтних телиць не будуть погіршуватись.

Відтворна здатність є однією з фундаментальних основ молочного скотарства. В своїх дослідженнях А. Масуд [3], зазначає, що важливим є оцінка тварин різних генотипів по капа-казеїну за показниками відтворної здатності. Він пояснює це тим, що низькі показники відтворної здатності можуть бути причиною вибуття тварин з стада. Це, в свою чергу, зменшує тривалість продуктивного використання тварин з бажаним генотипом. Нами досліджено показники відтворної здатності у телиць та корів-первісток. Найменшим віком першого осіменіння відрізнялися тварини з генотипом АВ, а найвищим – з генотипом АА. Тварини з бажаним генотипом ВВ та гетерозиготним АВ мали середній вік першого осіменіння, який був меншим від середнього значення по стаду. При цьому жива маса у цих тварин була найменшою і була нижчою ніж середні показники по стаду. Тенденції середніх показників віку першого отелення співпадали з показниками віку першого осіменіння. Тривалість сервіс-періоду в середньому по стаду складала 131 день. Відповідно тривалість міжотельного періоду та значення коефіцієнту відтворної здатності найменшими були у гомозиготних (АА) та гетерозиготних (АВ) тварин. При цьому статистично значуща різниця відсутня (табл. 2), що повністю співпадає з результатами дослідження А. Масуда [3].

2. Дослідження показників відтворної здатності тварин з різним генотипом за капа-казеїном

Генотип	n	Показник					індекс відтворної здатності
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення	тривалість сервіс-періоду (I лактація), днів	тривалість міжотельного періоду (I–II лактація), днів	
АА	12	610 ± 36,3	384 ± 8,7	894 ± 35,2	109 ± 13,5	397 ± 13,9	1,09 ± 0,038
АВ	17	569 ± 19,5	368 ± 6,5	852 ± 19,1	126 ± 17,1	411 ± 17,1	1,13 ± 0,047
ВВ	13	576 ± 51,3	362 ± 7,4	861 ± 50,3	154 ± 22,1	440 ± 22,2	1,20 ± 0,061
В середньому по стаду	42	583 ± 20,1	371 ± 4,36	867 ± 19,7	131 ± 19,7	417 ± 10,9	1,14 ± 0,090

Рівень надоїв за першу лактацію перевищував стандарт породи на 1948 кг. Середній вміст жиру відповідав стандарту породи, а вміст білка був нижчим на 0,15%. Дещо більшим надоєм відрізнялися гомозиготні ВВ первістки. За вмістом жиру та білка в молоці перевагу мали гомозиготні АА тварини. Гетерозиготні тварини мали середнє значення якісних показників молочної продуктивності. При цьому відмічаємо відсутність статистично значущої різниці (табл. 3).

3. Молочна продуктивність первісток в залежності від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Показник				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
АА	12	5105 ± 280,9	3,96 ± 0,141	204 ± 17,2	3,18 ± 0,058	163 ± 12,2
АВ	17	5159 ± 263,4	3,82 ± 0,179	196 ± 22,1	3,15 ± 0,069	159 ± 16,8
ВВ	13	5173 ± 282,7	3,69 ± 0,167	190 ± 19,2	3,11 ± 0,085	167 ± 13,9
У середньому по стаду	42	5148 ± 155,8	3,83 ± 0,092	201 ± 10,7	3,15 ± 0,039	164 ± 7,9

За результатами третьої лактації середній надій по стаду перевищував стандарт породи на 1949 кг. За надоєм перевагу мали гомозиготні корови ВВ, за вмістом жиру – тварини з гетерозиготним генотипом АВ, білка – тварини з генотипом АА. При цьому статистично значуща різниця встановлена лише за величиною надою (табл. 4).

4. Молочна продуктивність корів за III лактацію в залежності від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Показник				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
АА	6	5143 ± 408,4	3,99 ± 0,101	198 ± 17,2	3,30 ± 0,032	164 ± 10,1
АВ	11	6363 ± 434,7*	4,01 ± 0,166	229 ± 22,0	3,23 ± 0,125	186 ± 20,4
ВВ	8	6608 ± 380,9*	3,91 ± 0,310	243 ± 34,8	3,17 ± 0,065	199 ± 19,5
У середньому по стаду	25	6149 ± 265,2	3,97 ± 0,145	235 ± 17,7	3,21 ± 0,066	185 ± 12,7

Примітка: * $P < 0,05$ (по відношенню до тварин з генотипом АА).

За кращою лактацією тварини з генотипом ВВ переважали показники інших груп за надоєм, а різниця була статистично достовірною. За вмістом жиру перевагу мали гомозиготні АА тварини, а вмістом білка – гомозиготні ВВ. Отже можна стверджувати, що при створенні стад корів з генотипом ВВ за капа-казеїном рівень молочної продуктивності не погіршиться (табл. 5).

5. Молочна продуктивність корів за кращу лактацію в залежності від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Показник				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
АА	12	5776 ± 235,9	4,31 ± 0,144	277 ± 2,6	3,25 ± 0,049	210 ± 9,0
АВ	17	6635 ± 264,9*	4,07 ± 0,093	281 ± 13,9	3,23 ± 0,025	223 ± 10,9
ВВ	13	7007 ± 298,4**	4,06 ± 0,185	287 ± 18,3	3,26 ± 0,052	231 ± 15,9
В середньому по стаду	42	6505 ± 17,8	4,11 ± 0,077	282 ± 8,5	3,24 ± 0,021	223 ± 7,3

Примітка: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ (по відношенню до тварин з генотипом АА).

Висновки:

Тварини української бурої молочної породи майже за всіма показниками молочної продуктивності відповідали стандарту породи. Між тваринами різних генотипів за капа-казеїном

встановлена різниця за окремими господарсько-корисними ознаками. Слід зазначити, що в різні періоди та за різними ознаками вона сильно варіювала, а в окремих випадках була статистично значущою. За третьою та кращою лактацією за показниками надоїв встановлена статистично значуща різниця між гомозиготним ВВ, гетерозиготним АВ генотипами та гомозиготним АА на користь перших двох генотипів.

Можна констатувати, що формування стад з генотипом ВВ за капа-казеїном забезпечить збереження бажаних значень продуктивних показників молочної худоби.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гааль Э., Медьеша Г., Верецкей Л. Электрофорез в разделении биологических макромолекул. Москва : Мир, 1982. 446 с.

2. Шкурко Т. П., Иванов О. И., Иванов И. А. Оцінка молочної продуктивності первісток голштинської породи за геном капа-казеїну. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 3. С. 56–59.

3. Масуд А. Хозяйственно-полезные признаки коров с различными генотипами каппа-казеина : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.04. Москва, 2006. 24 с.

4. Amalfitano N., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Malacarne M., Summer A., Bittante G. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis. *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 102. P. 2903–2917. DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524>

5. Anggraenia A., Sumantrib C., Farajallahc A., Andreasd E. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. *Media Peternakan*. 2010. Vol. 33 (2). P. 61–67.

6. Azevedo A., Nascimento C., Steinberg R., Carvalho M., Peixoto M., Teodoro R., Verneque R., Guimarães S., Machado M. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*. 2008. Vol. 7 (3). P. 623–630.

7. Bezdíček J. Allele and genotype frequencies of milkprotein kappa-casein (CSN3) in artificial insemination bulls of czech fleckvieh and holstein breed. *Sborník mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v brně*. 2007. Vol. 5. P. 17–22.

8. Bonfatti V., Chiarot G., Carnier P. Glycosylation of k-casein: Genetic and nongenetic variation and effects on rennet coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.* 2014. Vol. 97. P. 1961–1969. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7418>

9. Botaro B., Vinícius Y., Simões C. Effect of the kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009. Vol. 38 (12). P. 2447–2454. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200022>

10. Deb R., Singh U., Kumar S., Singh R., Sengar G., Sharma A. Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal (HF × Sahiwal) cross breed of Indian origin. *Journal of Veterinary Research, Shiraz University IJVR*. 2014. Vol. 15 (4). P. 406–408.

11. Gallinat J., Qanbari S., Drögemüller C., Pimentel E., Thaller G., Tetens J. DNA-based identification of novel bovine casein gene variants. *J. Dairy Sci.* January. 2013. Vol. 96 (1). P. 699–709. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5908>

12. Gustavsson F., Buitenhuis A., Johansson M., Bertelsen H., Glantz M., Poulsen N. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 2013. Vol. 97. P. 3866–3877. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7312>

13. Gustavsson F., Glantz M., Buitenhuis A., Lindmark M., Stalhammar H., Andren A., Paulsson, M. Factors influencing chymosin-induced gelation of milk from individual dairy cows: Major effects of casein micelle size and calcium. *International Dairy Journal*. 2014. Vol. 39 (1). P. 201–208.

14. Heck J. M. L., Schennink A., van Valenberg H. J. F., Bovenhuis H., Visker M. H. P. W., van

Arendonk J. A. M., van Hooijdonk A. C. M. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 92 (3). P. 1192–1202. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1208>

15. Kaminski S., Figiel L. Kappa-casein genotyping of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls by polymerase chain reaction. *Genetica Polonica*. 1993. Vol. 34. P. 65–72.

16. Klauzinska M., Siadkowska E., Grochowska R. Polymorphism of molecular-genetic systems in the Polish red cattle. *Tsitol Genet*. 2001. Vol. 35 (1). P. 58–60.

17. Lateef Y. M., Hamad R. Effect of mutation site of k-casein gene on protein quantity, composition, and other milk constituents in Holstein cows. *J. Pharm. Sci*. 2019. Vol. 11 (2). P. 398–401.

18. Leveziel H., Metenier L., Mahe M. Identification of the two common alleles of the bovine k-casein locus by the RFLP technique, using the enzyme Hind III. *Genet. Sel. Evol*. 1988. Vol. 20. P. 247.

19. Matějček J., Matějčková M., Štípková O., Hanuš V., Genčurová J., Kyseřová E., Němcová T., Kott J., Šefrová M., Krejčová S., Melčová I., Hölzelová J., Bouška J. Frelich Joint effects of CSN3 and LGB genes on milk quality and coagulation properties in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci*. 2008. Vol. 53 (6). P. 246–252.

20. Miluchová M., Gábor M., Candrák J., Trakovická A., Candráková K. Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle *Acta Biochimica Polonica*. 2018. Vol. 65 (3). P. 403–407 DOI: https://doi.org/10.18388/abp.2017_2313.

21. Molee A., Poompramun C., Mernkrathoke P. Effect of casein genes – beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR – on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*. 2015. Vol. 14, № 1. P. 2561–2571.

22. Pinder S. J., Perry B. N., Skidmore C. J. Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of polymerase chain reaction. *Anim. Genet*. 1991. Vol. 22. P. 11–20.

23. Poulsen N., Glantz M., Rosengaard N., Paulsson M., Larsen L. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *J. Dairy Sci*. Vol. 100. P. 8722–8734. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12920>

24. Sitkowska B., Neja W., Wiśniewska E. Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*. 2008. Vol. 9, No 4. P. 641–644.

25. Zambrano B., Cabrera E., Portilla S., Galindo R. Kappa casein genotypes and curd yield in Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2010. Vol. 23. P. 422–428.

26. Zepeda-Batista J., Saavedra-Jiménez A., Ruíz-Flores A., Núñez-Domínguez R., Ramírez-Valverde L. Potential influence of κ -casein and β -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2017. Vol. 30 (12). P. 1684–1688. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0481>

REFERENCES

1. Gaal, E., G. Medeshi, and L. Veretskey. 1982. *Elektroforez v razdelenii biologicheskikh makromolekul – Electrophoresis in the separation of biological macromolecules*. Moskva, Mir, 446 (in Russian).

2. Shkurko, T. P., O. I. Ivanov, and I. A. Ivanov. 2017. Otsinka molochnoi produktyvnosti pervistok holshtynskoi porody za henom kapa-kazeinu – Estimation of milk productivity of Holstein breed firstborns by kappa-casein gene. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu – Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 3:56–59 (in Ukrainian).

3. Masud, A. 2006. *Hozyajstvenno-poleznye priznaki korov s razlichnymi genotipami kappa-kazeina. porodi : avtoreferat dys. na soiskanie stupenya k.s.-g.n. po spetsial'nistyuu 06.02.04. – Economically useful traits of cows with different genotypes of kappa-casein*. Moskva, 26 (in Russian).

4. Amalfitano, N., C. Cipolat-Gotet, A. Cecchinato, M. Malacarne, A. Summer, and G. Bittante.

2018. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis. *J. Dairy Sci.*, 102:2903–2917. DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524> (in English).
5. Anggraenia, A., C. Sumantrib, A. Farajallahc, and E. Andreasd. 2010. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. *Media Peternakan*, 33(2):61–67 (in English).
6. Azevedo, A., C. Nascimento, R. Steinberg, M. Carvalho, M. Peixoto, R. Teodoro, R. Verneque, S. Guimarães, and M. Machado. 2008. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*. 7(3):623–630 (in English).
7. Bezdíček, J. 2007. Allele and genotype frequencies of milkprotein kappa-casein (CSN3) in artificial insemination bulls of czech fleckvieh and holstein breed. *Sborník mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v brně*, 5:17–22 (in English).
8. Bonfatti, V., G. Chiarot, and P. Carnier. 2014. Glycosylation of k-casein: Genetic and nongenetic variation and effects on rennet coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.* 97:1961–1969 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7418> (in English).
9. Botaro, B., Y. Vinícius, and C. Simões. 2009. Effect of the kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(12):2447–2454 DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200022> (in English).
10. Deb, R., U. Singh, S. Kumar, R. Singh, G. Sengar, and A. Sharma. 2014. Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal (HF × Sahiwal) cross breed of Indian origin. *Journal of Veterinary Research*, Shiraz University IJVR. 15 (4):406–408 (in English).
11. Gallinat, J., S. Qanbari, C. Drögemüller, E. Pimentel, G. Thaller, and J. Tetens. 2013. DNA-based identification of novel bovine casein gene variants. *J. Dairy Sci. January*. 96(1):699–709 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5908> (in English).
12. Gustavsson, F., A. Buitenhuis, M. Johansson, H. Bertelsen, M. Glantz, and N. Poulsen. 2013. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 97:3866–3877 DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7312> (in English).
13. Gustavsson, F., M. Glantz, A. Buitenhuis, M. Lindmark, H. Stalhammar, A. Andren, and M. Paulsson. 2014. Factors influencing chymosin-induced gelation of milk from individual dairy cows: Major effects of casein micelle size and calcium. *International Dairy Journal*, 39 (1):201–208 (in English).
14. Heck, J. M. L., A. Schennink, H. J. F. van Valenberg, H. Bovenhuis, M. H. P. W. Visker, J. A. M. van Arendonk, and A. C. M. Van Hooijdonk. 2019. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk, *Journal of Dairy Science*. 92(3):1192–1202 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1208> (in English).
15. Kaminski, S., and L. Figiel. 1993. Kappa-casein genotyping of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls by polymerase chain reaction. *Genetica Polonica*. 34:65–72 (in English).
16. Klauzinska, M., E. Siadkowska, and R. Grochowska. 2001. Polymorphism of molecular-genetic systems in the Polish red cattle. *Tsitol Genet.* 35(1):58–60 (in English).
17. Lateef, Y. M., and R. Hamad. 2019. Effect of mutation site of k-casein gene on protein quantity, composition, and other milk constituents in Holstein cows. *J. Pharm. Sci.* 11(2):398–401 (in English).
18. Leveziel, H., L. Metenier, and M. Mahe. 1988. Identification of the two common alleles of the bovine k-casein locus by the RFLP technique, using the enzyme Hind III. *Genet. Sel. Evol.* 20:247 (in English).
19. Matějčíček, J., M. Matějčíčková, O. Štípková, V. Hanuš, J. Genčurová, E. Kysel'ová, T. Němcová, J. Kott, M. Šefrová, S. Krejčová, I. Melčová, J. Hölzelová, and J. Bouška. 2008. Frel-ich Joint effects of CSN3 and LGB genes on milk quality and coagulation properties in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.* 53 (6):246–252 (in English).

20. Miluchová, M., M. Gábor, J. Candrák, A. Trakovická, and K. Candráková. 2018. Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle. *Acta Biochimica Polonica*. 65(3):403–407 DOI: 10.18388/abp.2017_2313 (in English).
21. Molee, A., C. Poomprapun, and P. Mernkrathoke. 2015. Effect of casein genes - beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR – on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*. 14(1):2561–2571 (in English).
22. Pinder, S. J., B. N. Perry, and C. J. Skidmore. 1991. Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of polymerase chain reaction. *Anim. Genet.* 22:11–20 (in English).
23. Poulsen, N., M. Glantz, N. Rosengaard, M. Paulsson, and L. Larsen. 2017. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *J. Dairy Sci.* 100:8722–8734 DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12920> (in English).
24. Sitkowska, B., W. Neja, and E. Wiśniewska. 2008. Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*. 4:641–644 (in English).
25. Zambrano, B., E. Cabrera, S. Portilla, and R. Galindo. 2010. Kappa casein genotypes and curd yield in Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 23:422–428 (in English).
26. Zepeda-Batista, J., A. Saavedra-Jiménez, A. Ruíz-Flores, R. Núñez-Domínguez, and L. Ramírez-Valverde. 2017. Potential influence of κ -casein and β -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 30 (12):1684–1688 DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0481> (in English).

Одержано редколегією 14.06.2022 р.
Прийнято до друку 26.07.2022 р.