


УДК 636.082.064

Аналіз молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа-казеїном

Ладика В.І.¹ , Скляренко Ю.І.² , Павленко Ю.М.¹ 

¹ Сумський національний аграрний університет

² Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН

 Ладика В.І. E-mail: Sklyrenko9753@ukr.net



Ладика В.І., Скляренко Ю.І., Павленко Ю.М. Аналіз молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа-казеїном. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2021. № 1. С. 74–81.

Ladyka V.I., Skljarenko Ju.I., Pavlenko Ju.M. Analiz molochnoi' produktyvnosti koriv ukrai'ns'koi' buroi' molochnoi' porody riznyh genotypiv za kapa-kazei'nom. Zbirnyk naukovykh prac' «Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkci'i tvarynnyctva», 2021. № 1. PP. 74–81.

Рукопис отримано: 26.03.2021 р.

Прийнято: 07.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2021-164-1-74-81

У стаді худоби української бурої молочної породи проведено дослідження, метою яких було вивчити вплив генотипу корів за капа-казеїном на показники їх молочної продуктивності. Проведено генотипування 29 голів великої рогатої худоби. Визначення поліморфізму гена капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Алель А мав дещо більшу частоту – 0,517 порівняно з алелем В – 0,483 в локусі гена капа-казеїну, хоча різниця була статистично не значуща. Унаслідок частоти генотипів АА та ВВ були високими (38 та 34 % відповідно). Проведений генетико-статистичний аналіз виявив надлишок в капа-казеїновому локусі гомозиготних варіантів АА і ВВ та нестачу гетерозиготного АВ.

Про достатній рівень консолідації в досліджуваній популяції великої рогатої худоби свідчить ступінь гомозиготності, яка становить 50,1 %. Число ефективно діючих алелів у локусі капа-казеїну корів української бурої молочної породи становить 1,99 за максимального значення рівня поліморфності, можливого за двоалельного локусу рівного 2. Негативний тест гетерозиготності (ГТ) свідчить про меншу частку фактичних гетерозигот щодо частки теоретичних гетерозигот. Причиною наявної генетичної структури стада української бурої молочної породи за локусом капа-казеїну стало використання плідників швіцької худоби, які здебільшого не були оцінені за генотипом гена капа-казеїну.

Дослідження рівня молочної продуктивності корів різних генотипів за капа-казеїном за першу лактацію статистично значущої різниці не виявили. Водночас гетерозиготні (АВ) тварини поступалися гомозиготним (АА та ВВ) за величиною надою, а за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами АА та АВ. За вищу лактацію було встановлено статистично значущу різницю за величиною надою та кількістю молочного жиру. Гомозиготні тварини (АА та ВВ) переважали гетерозиготних (АВ) за величиною надою, відповідно на 1091 та 922 кг ($p < 0,05$). Тварини з гетерозиготним АВ генотипом за середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготними генотипами АА та ВВ тваринам ($p < 0,05$).

Невелика кількість дослідних тварин стала однією з причин неспівпадіння результатів досліджень з даними інших науковців.

Ключові слова: порода, надій, вміст жиру, вміст білка, капа-казеїн, генотип, алель.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Основним компонентом молочних білків є казеїн, який представлений трьома фракціями – альфа, бета і капа. Капа-казеїн – це єдина фракція казеїну, яка містить амінокислоти цистеїн і метіонін [4]. Його частка

становить приблизно 13 % казеїну молока і є важливою складовою якості молока, особливо актуальною за виробництва сиру [8, 19]. Це стає актуальним з огляду на те, що оптимізація виходу сиру має головне значення під час його виробництва [6, 13].

У зв'язку з цим капа-казеїн привертає велику увагу дослідників. Встановлено, що гени казеїну великої рогатої худоби є поліморфними. Відомо декілька варіантів білка капа-казеїну: А, В, В2, С, D, Е, F1, F2, G1, G2, Н, I і J [2, 11]. Нині дослідники звертають увагу на три основні типи – АА, АВ і ВВ. Отже, найпоширенішими алелями капа-казеїну у великої рогатої худоби є А і В. Водночас алельний варіант капа-казеїну В пов'язаний з більш оптимальним хімічним складом і технологічними характеристиками молока для виробництва сиру [9, 26].

Встановлено, що корови з генотипом АА характеризувалися найвищим надосом, кількістю молочного жиру та білка [10].

Іншими дослідженнями встановлено, що тварини з генотипом ВВ мають більший уміст білка в молоці порівняно з молоком тварин з генотипом АА. Дослідники також стверджують, що молоко у перших тварин за виробництва сиру зсідається швидше, а вихід сиру вищий, ніж у тварин другого генотипу [4]. Статистичний аналіз підтвердив, що у тварин з генотипом АА середній уміст білка в молоці менший (на 0,09 %) порівняно з тваринами, у яких виявили генотип ВВ [20, 21]. Дослідники стверджують, що алель В позитивно корелює з білками молока, тому це може бути використано для покращення вмісту білка в молоці [14].

Корови з генотипами АВ і ВВ мають більший уміст жиру в молоці порівняно з тваринами з генотипом АА [9].

Науковці доводять, що вихід сиру з молока тварин з генотипом ВВ вищий порівняно з молоком тварин з генотипом АА [19, 24].

За частотою генотипів між різними породами існує суттєва відмінність [16, 18]. У джерсейської породи генотип ВВ зустрічається у 45 % поголів'я, а частота алеля В становить 69 %. Водночас алель А має частоту 26 %. Тварини голштинської породи різної селекції з генотипом АА становлять більшість – 37,0–57,0 %, гетерозиготні тварини з генотипом АВ – відповідно 29,0–34,5 %. Інші генотипи зустрічаються рідше: АЕ – 5,8–10,0 %; ВВ – 9–16,0 %; ВЕ – 1,8–6,0 % [5, 17]. У бугаїв симентальської породи генотип АВ зустрічається частіше (49 %), інші – рідше: АА – 39 %, ВВ – 9 %, ВЕ – 2 %, АЕ – 1 %. Частота бажаного алеля В становить 35 %, А – 64 %, Е – 1 % [7]. Тваринам червоної шведської породи притаманна більша частота алелів А (65,5 %) і Е (17,2 %) [12, 23].

Мета дослідження – аналіз зв'язку поліморфізму гена капа-казеїну з молочною продуктивністю корів української бурої молочної породи.

Матеріал і методи дослідження. Проведено генотипування 29 голів великої рогатої худоби української бурої молочної породи, що належать Племінному заводу Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН». Визначення поліморфізму гена капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

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

Для ампліфікації фрагмента гена використовували праймери:

5'-GAAATCCCTACCATCAATACC-3 ';

5'-CCATCTACGCTAGTTTAGATG-3 '[22].

Для рестрикції гена капа-казеїну використовували рестриктазу Hinf I [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 з методичними рекомендаціями [1].

Для встановлення генотипу плідників використовували дані відповідних міжнародних сайтів (<https://www.cdn.ca/query/individual.php>; [Gsel.com.ua](https://www.cdn.ca/query/individual.php); <https://www.cdn.ca/query/individual.php>; <http://sperma.com.ua/produkcja/sperma-bugayiv/chervono-rjaba-golshhtinska/>; <https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>).

Підрахунок частот алелів проводили з урахуванням кількості гомозигот і гетерозигот, виявлених за відповідним алелем за формулою:

$$P(A) = \frac{2N_1 + N_2}{2n}$$

де N_1 і N_2 – відповідно число гомозигот і гетерозигот для досліджуваного алеля;

n – число вибірки [3].

З метою оцінювання статистичної достовірності розбіжності розподілів одержаних результатів використовували критерій Пірсона:

$$\chi^2 = \frac{\sum(\Phi - T)^2}{T}$$

де Φ – фактична кількість генотипів;

T – теоретична кількість генотипів [3].

Фактичну (наявну) гетерозиготність визначали прямим підрахунком за формулою:

$$H_o = \frac{N_2}{n}$$

Очікувану гетерозиготність визначали за формулою:

$$H_E = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2$$

де p_1, p_2, p_n – частоти алелів [3].

Для генетичної характеристики поголів'я також визначали рівень гомозиготності (C_a):

$$C_a = (p(A)^2 + p(B)^2) * 100;$$

рівень поліморфності, N_a :

$$N_a = 1/C_a;$$

тест гетерозиготності визначали співставленням відношень між емпіричними гетерозиготами та емпіричними гомозиготами з аналогічним відношенням, отриманими за теоретичними даними;

коефіцієнт ексцесу (D) кількісно оцінює нестачу або перебільшення фактичної гетерозиготності у досліджуваних популяцій порівняно з теоретично розрахованим показником [3].

Надій визначали за щомісячними контрольними доїннями за допомогою лічильника – індикатора ІУ-1. Пробу молока зберігали у пластиковій ємності (25 мл) та консервували її розчином хромпіку (концентрація 10 %) у кількості 0,2 мл. Усього проаналізовано 290 проб молока. Вміст жиру та білка в молоці визначали у лабораторії Інституту тваринництва НААН.

Отримані дані обробляли методами математичної статистики засобами пакета Statistica-6.1 у середовищі Windows на ПК.

Результати дослідження та обговорення. Аналіз даних генотипування тварин

української бурої молочної породи виявив майже однакові частоти алелів А (0,517) та В (0,483) в локусі гена капа-казеїну, що генотипово проявилось високими (38 та 34 %) частотами генотипів АА та ВВ відповідно. Використання критерію χ^2 дало змогу визначити ступінь відповідності фактичного розподілу генотипів очікуваним значенням. Розрахунок за формулою Харді-Вайнберга довів наявність різниці між фактичними та очікуваними частотами генотипів, хоча вона була статистично незначущою. Необхідно відзначити недостатність частки гетерозигот варіанта АВ (табл. 1).

Використовуючи генетико-статистичні методи аналізу, за допомогою визначення цифрових значень таких генетичних констант як ступінь гомозиготності (C_a) та рівень поліморфності (N_a) намагалися оцінити перспективність роботи з підвищення сиропридатності стада української бурої молочної породи.

Ступінь гомозиготності в досліджуваній популяції великої рогатої худоби становив 50,1 %, що може свідчити про достатній рівень консолідації останньої (табл. 2).

Підтвердженням цьому є аналіз таких генетичних показників як рівень поліморфності (число ефективного діючих алелів – N_a). Так, число ефективно діючих алелів у локусі капа-казеїну корів української бурої молочної породи становило 1,99 за максимального значення рівня поліморфності, можливого за двоалельного локусу рівного 2.

Тест гетерозиготності (TG), який характеризує рівень генетичного різноманіття популяції, в досліджуваному стаді був негативним, що свідчить про меншу частку фактичних гетерозигот щодо частки теоретичних гетерозигот.

Таблиця 1 – Частота алелів та генотипів за локусом гена капа-казеїну

Розподіл*	Генотип						Алель, од		χ^2
	АА		АВ		ВВ		А	В	
	n	%	n	%	n	%			
Ф	11	38	8	28	10	34	0,517	0,483	5,810
О	7,8	27	14,5	50	6,8	23			

Таблиця 2 – Генетична мінливість української бурої молочної породи за локусом капа-казеїну

Показник	Фактичні	Теоретичні
Гетерозиготи	8	14,5
Гомозиготи	21	14,5
Коефіцієнт гетеро/гомозиготи	0,381	0,752
Тест гетерозиготності	-0,617	-
Ступінь гомозиготності, C_a , %	50,1	-
Рівень поліморфності, N_a	1,99	-
Коефіцієнт ексцесу D	-0,447	-
Частка гомозигот, %	72,4	-

Щодо коефіцієнта ексцесу (D), який характеризує співвідношення фактичної гетерозиготності до теоретичної, відмічено відхилення дійсної гетерозиготності від очікуваної з ліво-стороннім ексцесом (-0,447), що свідчить про дефіцит гетерозигот.

Загалом дані генетико-статистичного аналізу свідчать про надлишок у капа-казеїновому локусі гомозиготних варіантів AA та BB і нестачу гетерозиготного АВ.

Наявна генетична структура української бурої молочної породи за локусом капа-казеїну стала наслідком використання плідників швіцької худоби, які здебільшого не були оцінені за генотипом гена капа-казеїну, а серед оцінених – не мали гомозигот AA (рис. 1).

Основним питанням щодо перспектив використання поліморфізму гена капа-казеїну є

його вплив на рівень молочної продуктивності корів (табл. 3).

Проведені дослідження свідчать, що тварини з бажаним генотипом BB не поступаються за величиною надою тваринам з гетерозиготним генотипом АВ та гомозиготним – AA. Між первістками української бурої молочної породи різних генотипів за капа-казеїном статистично значущої різниці за показниками молочної продуктивності не встановлено. Водночас гетерозиготні (АВ) тварини поступалися гомозиготним (AA та BB) за величиною надою. Водночас за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами AA та АВ.

За результатами вищої лактації гомозиготні тварини (AA та BB) переважали гетерозиготних (АВ) за величиною надою, відповідно на 1091 та 922 кг ($p < 0,05$) (табл. 4).

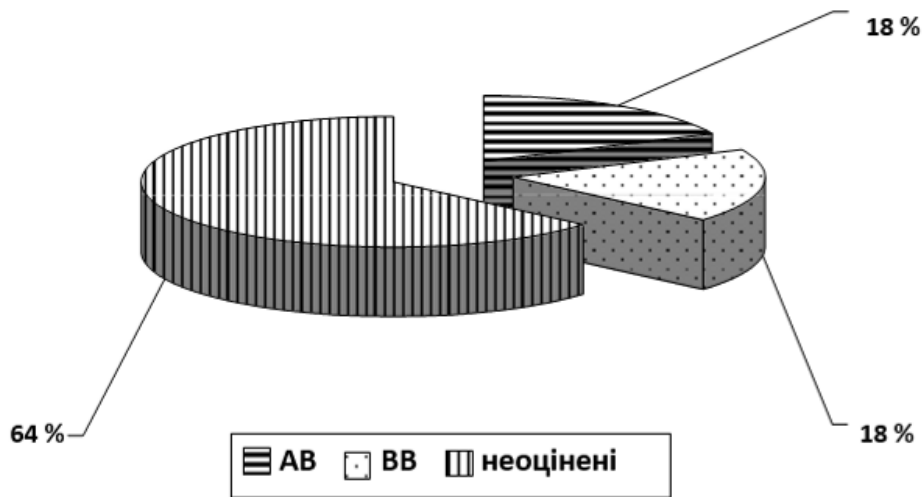


Рис. 1. Структура плідників за генотипом локусу гена капа-казеїну.

Таблиця 3 – Молочна продуктивність корів за першу лактацію залежно від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Надій, кг	Вміст у молоці, %		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
AA	11	5036±317,4	3,94±0,128	3,18±0,053	200±15,3	161±11,3
AB	8	4800±1329,0	3,82±0,180	3,15±0,069	187±21,8	152±16,0
BB	10	5103±334,7	3,62±0,140	3,01±0,096	187±18,9	155±15,1

Таблиця 4 – Молочна продуктивність корів за другу лактацію залежно від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Надій, кг	Вміст у молоці, %		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
AA	11	6889±379,3*	4,17±0,116	3,22±0,058	284±11,5*	222±13,9
AB	8	5798±287,9	4,04±0,092	3,25±0,052	233±8,4	188±10,8
BB	10	6720±219,9*	4,07±0,098	3,23±0,019	274±12,8*	204±14,4

Примітка: * порівняно з генотипом АВ, * $p < 0,05$.

Вищим умістом жиру в молоці характеризувалися тварини з генотипом АА, білка – АВ, хоча статистично значущої різниці між досліджуваними групами не встановлено. Однак тварини з гетерозиготним АВ генотипом з середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготним з генотипами АА та ВВ тваринам ($p < 0,05$).

Отримані результати не збігаються з опублікованими іншими дослідниками [24, 25], за даними яких тварини з генотипом АА мали вищі надої, однак поступалися тваринам з генотипами АВ або ВВ за якісними показниками. Це пов'язано з малою досліджуваною вибіркою (29 голів) і потребує подальшого вивчення.

Висновки. Встановлено, що частоти алелів А (0,517) та В (0,483) у локусі гена капа-казеїну були майже однаковими. Частоти генотипів АА та ВВ були високими (38 та 34 % відповідно). За даними генетико-статистичного аналізу встановлено надлишок в капа-казеїновому локусі гомозиготних варіантів АА та ВВ та нестачу гетерозиготного АВ.

Між первітками української бурої молочної породи різних генотипів статистично значущої різниці за показниками молочної продуктивності не встановлено. Однак гетерозиготні (АВ) тварини поступалися гомозиготним (АА та ВВ) за величиною надою. Водночас за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами АА та АВ. За результатами вищої лактації гомозиготні тварини (АА та ВВ) переважали гетерозиготних (АВ) за величиною надою, відповідно на 1091 та 922 кг ($p < 0,05$). Тварини з гетерозиготним АВ генотипом за середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготним з генотипами АА та ВВ тваринам ($p < 0,05$).

Подальші дослідження буде зосереджено на розробленні селекційно-генетичних заходів зі створення стад тварин із бажаним генотипом ВВ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гааль Э., Медешчи Г., Верещкей. Л. Электрофорез в разделении биологических макромолекул. М.: 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. Дніпропетровська, 2017. № 3. С. 56–59.
3. Порожденные особенности аллельного профиля генов, контролирующей молочную продуктивность крупного рогатого скота/ М. И. Селионова и др. Агробиотехника, 2019. № 2 (1). С. 1–12. Doi:https://doi.org/10.15838/alt.2019.2.1.3

4. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis/ N. Amalfitano et al. 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., Andreas E. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. Media Peternakan, 2010. Vol. 33 (2). P. 61–67.

6. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle/ A. Azevedo et al. Genetics and Molecular Research. 2008. Vol. 7 (3). P. 623–630.

7. Bezdiček 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. Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal (HF × Sahiwal) cross breed of Indian origin/ R. Deb et al. Journal of Veterinary Research, Shiraz University IJVR. 2014. Vol. 15 (4). P. 406–408.

11. DNA- based identification of novel bovine casein gene variants/ J. Gallinat et al. J. Dairy Sci. January. 2013. Vol. 96 (1). P. 699–709. Doi:https://doi.org/10.3168/jds.2012-5908

12. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows/ F. Gustavsson et al. J. Dairy Sci. 2013. Vol. 97. P. 3866–3877. Doi:http://doi.org/10.3168/jds.2013-7312

13. Factors influencing chymosin-induced gelation of milk from individual dairy cows: Major effects of casein micelle size and calcium/ F. Gustavsson et al. International Dairy Journal. 2014. Vol. 39(1). P. 201–208.

14. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk/ J.M.L. Heck et al. 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. 247 p.

19. Frelich Joint effects of CSN3 and LGB genes on milk quality and coagulation properties in Czech Fleckvieh/ J. Matějček et al. Czech J. Anim. Sci. 2008. Vol. 53(6). P. 246–252.

20. Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle/ M. Miluchová et al. Acta Biochimica Polonica. 2018. Vol. 65. No. 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. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high- yielding Swedish Red cows/ N. Poulsen et al. 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. 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 Pec. 2010. Vol. 23. P. 422–428.

26. Potential influence of κ -casein and β -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits/ J. Zepeda-Batista et al. 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., Medeshi, G., Veretskey, L. (1982). Elektroforez v razdelenii biologicheskikh makromolekul [Electrophoresis in the separation of biological macromolecules]. Moscow: Mir, 446 p.

2. Shkurko, T.P., Ivanov, O.I., Ivanov I.A. (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 derzhavnogo ahrarno-ekonomichnogo universytetu [Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University]. no. 3, pp. 56–59.

3. Selionova, M. I., CHizhova, L. N., Surzhikova, E. S., SHarko G.N., Mihajlenko, T. N., Chudnovec, A. I. (2019). Porodnye osobennosti allel'nogo profilya genov, kontroliruyushchih molochnyu produktivnost' krupnogo rogatogo skota [Breed features of the allelic profile of genes that control milk production in cattle]. Agrozootekhnika [Agrosotechnics]. no. 2 (1), pp. 1–12. Available at:<https://doi.org/10.15838/alt.2019.2.1.3>

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

5. Anggraenia, A., Sumantrib, C., Farajallah, A., Andreas, E. (2010). Kappa-Casein Genotypic Frequencies

in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. Media Peternakan, Vol. 33 (2), pp. 61–67.

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

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. Vol. 5, pp. 17–22.

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

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

10. Deb, R., Singh, U., Kumar, S., Singh, R., Sengar, G., Sharma, A., (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. Vol. 15 (4), pp. 406–408.

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

12. Gustavsson, F., Buitenhuis, A., Johansson, M., Bertelsen, H., Glantz, M., Poulsen, N. (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. Vol. 97, pp. 3866–3877. Available at:<http://doi.org/10.3168/jds.2013-7312>

13. Gustavsson, F., Glantz, M., Buitenhuis, A., Lindmark, M., Stalhammar, H., Andren, A., Paulsson, M. (2014). Factors influencing chymosin-induced gelation of milk from individual dairy cows: Major effects of casein micelle size and calcium. International Dairy Journal, Vol. 39(1), pp. 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. (2019). Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk, Journal of Dairy Science. Vol. 92(3), pp. 1192–1202. Available at:<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1208>

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

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

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

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

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

20. Miluchová, M., Gábor, M., Candrák, J., Trakovická, A., Candráková, K. (2018). Association of HindIII-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle. *Acta Biochimica Polonica*. Vol. 65, no. 3, pp. 403–407. Available at: https://doi.org/10.18388/abp.2017_2313.

21. Molec, A., Poompramun, C., Mernkrathoke, P. (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*. Vol. 14 (1), pp. 2561–2571.

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

23. Poulsen, N., Glantz, M., Rosengaard, N., Paulsson, M., Larsen, L. (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.* Vol. 100, pp. 8722–8734. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12920>

24. Sitkowska, B., Neja, W., Wiśniewska, E. (2008). Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*. Vol. 4, pp. 641–644.

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

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

Анализ молочной продуктивности коров украинской бурой молочной породы разных генотипов по каппа-казеину

Ладька В.И., Скляренко Ю.И., Павленко Ю. Н.

В стаде украинской бурой молочной породы проведены исследования, целью которых было изучение влияния генотипа коров по каппа-казеину на показатели молочной продуктивности. Проведено генотипирование 29 голов крупного рогатого скота. Определение полиморфизма гена каппа-казеина проводили в генетической лаборатории Института физиологии им. Богомольца НАН с помощью молекулярно-биологического анализа распознавания аллелей методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени.

Аллель А имел большую частоту – 0,517 по сравнению В – 0,483 в локусе гена каппа-казеина, хотя разница

была не существенной. В результате доля генотипов АА и ВВ была высокой (38 и 34 % соответственно). Проведенный генетико-статистический анализ обнаружил избыток в каппа-казеиновом локусе гомозиготных вариантов АА и ВВ, и недостаток гетерозиготного АВ.

О достаточном уровне консолидации в исследуемой популяции крупного рогатого скота свидетельствует степень гомозиготности, которая составляет 50,1 %. Число эффективно действующих аллелей в локусе каппа-казеина коров украинской бурой молочной породы составляет 1,99 при максимальном значении уровня полиморфности, возможном при двухаллельном локусе – 2. Тест гетерозиготности (ТГ) свидетельствует о меньшей доле фактических гетерозигот относительно доли теоретических гетерозигот. Причиной существующей генетической структуры стада украинской бурой молочной породы по локусу каппа-казеина стало использование производителей швицкого скота, который в большинстве не был оценен по генотипу гена каппа-казеина.

Исследование уровня молочной продуктивности коров разных генотипов по каппа-казеину за первую лактацию достоверной разницы не показало. При этом гетерозиготные (АВ) животные уступали гомозиготным (АА и ВВ) по величине удоя, а по качественным показателям преимущество имели животные с генотипами АА и АВ. По наивысшей лактации была установлена достоверная разница по величине удоя и количеству молочного жира. Гомозиготные животные (АА и ВВ) достоверно ($p < 0,05$) преобладали над гетерозиготными (АВ) по величине удоя, соответственно на 1091 и 922 кг. Животные с гетерозиготным АВ генотипом по среднему количеству молочного жира достоверно уступали гомозиготным с генотипами АА и ВВ животным ($p < 0,05$).

Небольшое количество опытных животных стало одной из причин несоответствия результатов исследований с данными других ученых.

Ключевые слова: порода, удой, содержание жира, содержание белка, каппа-казеин, генотип, аллель.

Analysis of dairy productivity of cows of ukrainian brown dairy breed of different genotypes by kappa-casein **Ladyka V., Sklyarenko Y., Pavlenko Y.**

In the herd of cattle of the Ukrainian Brown Dairy breed studies were conducted, the purpose of which was to study the influence of the genotype of cows by kappa-casein on the indicators of their milk productivity. Genotyping of 29 heads of cattle. Determination of the polymorphism of the kappa-casein gene was performed in the genetic laboratory of the Institute of Physiology n.a. Bogomolets of NAS using molecular biological analysis of allele recognition by polymerase chain reaction (PCR) in real time.

Allele A had a slightly higher frequency - 0.517 compared to allele B - 0.483 at the locus of the kappa-casein gene, although it was not significant. As a result, the proportions of AA and BB genotypes were high (38 and 34%, respectively). The performed genetic-statistical analysis revealed an excess in the kappa-casein locus of homozygous variants AA and BB and a lack of heterozygous AB.

The degree of homozygosity, which is 50.1%, indicates a sufficient level of consolidation in the studied population of cattle. The number of effective active alleles in the kappa-casein locus of cows of the Ukrainian Brown Dairy breed is

1.99, with the maximum value of the level of polymorphism possible at a two-allele locus of 2. A negative heterozygosity test (HT) indicates a lower proportion of actual heterozygotes relative to the proportion of theoretical heterozygotes. The reason for the existing genetic structure of the herd of Ukrainian Brown Dairy breeds by the kappa-casein locus was the use of Swiss cattle breeders, most of which were not evaluated by the genotype of the kappa-casein gene.

Studies of the level of milk productivity of cows of different genotypes by kappa-casein in the first lactation did not reveal a significant difference. At the same time, heterozygous (AB) animals were inferior to homozygous (AA and BB) in terms of milk yield, and animals with AA and AB genotypes

were preferred in terms of quality. For the best lactation, a significant difference was found in the amount of milk yield and the amount of milk fat. Homozygous animals (AA and BB) significantly ($p < 0.05$) outperformed heterozygous (AB) in milk yield, by 1091 and 922 kg, respectively. Animals with heterozygous AB genotype in terms of the average amount of milk fat were significantly inferior to homozygous AA and BB animals ($p < 0.05$).

The small number of experimental animals was one of the reasons for the discrepancy between the results of research and the data of other scientists.

Key words: breed, milk yield, fat content, protein content, kappa casein, genotype, allele.



Copyright: Ладика В.І., Скляренко Ю.І., Павленко Ю.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Ладика В.І.
Скляренко Ю.І.
Павленко Ю.М.

ID <https://orcid.org/0000-0001-6748-7616>
ID <https://orcid.org/0000-0002-6579-2382>
ID <https://orcid.org/0000-0002-4128-122X>