

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕНОТИПУ ЗА ГЕНОМ CSN3 НА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОКА КОРІВ

Чернявська Тетяна Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1296-5013
chernyvska9753@ukr.net

Останнім часом науковці наголошують про перспективність напрямку використання у практичній селекційній роботі заходів на основі маркер-асоційованої селекції. На їх думку, це дозволяє проводити відбір тварин на основі оцінки їх генотипу. Одним з важливих факторів використання маркер-асоційованої селекції в молочному скотарстві вважається істотне прискорення ефекту селекції.

Наукові дослідження з вивчення впливу гену каппа-казеїну (CSN3) на показники молочної продуктивності корів української чорно-рябої молочної породи проведені на базі племінного заводу з розведення тварин цієї породи. Племінний завод належить Державному Підприємству «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України», що розташоване в Сумському районі Сумської області. Поліморфізм гену каппа-казеїну досліджували в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі за загально прийнятими методиками. Молочну продуктивність оцінювали шляхом щомісячних контрольних доїнь з відбором проб молока. Для відбору проб молока використовували лічильник – індикатор ІУ-1. Вміст складових молока визначали в лабораторії Інституту тваринництва НААН методом інфрачервоної фотометрії на обладнанні корпорації «Bentley Instruments» (США).

Серед досліджених тварин були виявлені тварини трьох генотипів: AA, AB, BB. Залежно від генотипу за досліджуваним геном, у тварин присутня диференціація за вмістом основних складових молока на користь тварин з гомозиготним генотипом BB. Вищим вмістом жиру та білка в молоці у тварин відрізнялися, як первістки, так і повновікові тварини з гомозиготним генотипом BB. Між ними та тваринами з іншими генотипами (AA та AB) встановлено статистично значущу різницю. Відповідно за вмістом сухої речовини перевагу мали також тварини з генотипом BB. Вплив генотипу на фізичні показники молока відсутній.

Ключові слова: вміст жиру, вміст білка, генотип, каппа-казеїн.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2025.1.13>

Якісні характеристики молока все частіше стають предметом наукових дискусій. Особливо актуально це питання виглядає в контексті покращення вітчизняних молочних порід, тому йому приділяють велику увагу селекціонери (Bratushka R. V., et al, 2011). Вміст таких складових, як жир та білок визначають технологічні властивості молока, а відповідно і вартість його, як сировини для виробництва молочних продуктів (Ladyka V. et al, 2024). На вміст основних компонентів молока істотним чином впливає генотип тварин. Багатьма дослідженнями доведено вплив породи на вміст складових молока. Проте в самій конкретній породі на ознаки молочної продуктивності мають вплив лінійна належність та походження за батьком. Досягнення сучасної генетики дозволяють також проводити ефективну роботу з покращення якісних та технологічних ознак молока-сировини за рахунок отримання тварин з бажаним генотипом за окремими генами (Ladyka V. et al, 2024). Особлива роль приділяються генотипам за генами білків молока (Becerril-Perez. C. et al, 2020; Heck J. et al, 2009). Одним з таких є ген каппа-казеїну (CSN3) (Adamov N. et al, 2020; Kaminski S. et al, 2023). Доведено, що цей ген може слугувати маркером вмісту білка в молоці та технологічних властивостей молока (Aker S. et al, 2020; Gustavsson F. et al, 2013).

Встановлено, що алель А цього гену асоціюється з високими надоями, а алель – з високим вмістом білка в молоці та гарними технологічними якістьми молока

при виробництві сиру (Dell'Eva G. et al, 2020; Kyselova J. et al, 2019; Ladyka V. et al, 2024). Пізні молочні породи істотно різняться за генетичною структурою цього гену (Kulibaba R. et al, 2022; Ladyka V. et al, 2021).

Більшість вітчизняних порід молочної худоби мають вищу частоту алелю А (0,80) у порівнянні з алелем В (0,20) (Khmelnichyj L. et al, 2021; Ladyka V. et al, 2018; Ladyka V. et al, 2020).

За результатами досліджень встановлено, що за надоєм за першу лактацію тварини української чорно-рябої молочної породи з бажаним генотипом (BB) поступаються тваринам інших генотипів. У результаті вивчення біохімічного складу молока первісток встановлено, що тварини з генотипом BB мають вміст жиру та білка в молоці на рівні 4,04% та 3,17% відповідно. Середній вміст жиру в молоці у тварин гомозиготних генотипів AA та BB був однаковий, їм незначно поступалися тварини з гетерозиготним генотипом AB. За вмістом білка, казеїну, сухої речовини, сухого знежиреного молочного залишку перевагу мали тварини з генотипом BB. За вмістом лактози перевагу мали тварини з генотипом AA (Ladyka V. et al, 2021; Ladyka V. et al, 2022).

У тварин української бурої молочної породи більш високим вмістом білка та казеїну в молоці відрізнялися тварини з генотипом BB, при цьому за вмістом жиру в молоці корови з генотипами AA та AB мали перевагу (Ladyka V. et al, 2022).

Метою роботи було дослідити залежність якісних характеристик корів української чорно-рябої молочної породи з різним генотипом за геном CSN3.

Матеріали та методи досліджень. Наукові дослідження проведені в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи ДП «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України» (n=30) на тваринах першої та третьої лактацій.

Дослідження проводились за достатніх умов годівлі худоби на рівні 50-55 ц к.о./рік. Молочну продуктивність оцінювали шляхом щомісячних контрольних доїнь із відбором проб молока. Для відбору проб молока використовували лічильник – індикатор ІУ-1. Пробу молока зберігали у пластиковій ємкості (25 мл) протягом доби при температурі +3С0, використовуючи консервант – хромпик. Вміст жиру, загального білка, лактози, сухої речовини, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) визначали в лабораторії Інституту тваринництва НААН методом інфрачервоної фотометрії на обладнанні корпорації «Bentley Instruments» (США).

Густину молока вимірювали аерометричним методом згідно ДСТУ 6082:2009. Кислотність (рН) зразків молока та сирів визначали потенціометричним методом згідно ДСТУ 8550:2015.

Тварини були розділені на три групи (n = 10), залежно від генотипу за CSN3 (відповідно з генотипами AA, AB, BB). Визначення генотипу за геном CSN3 проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелів методом полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Біометричну обробку результатів проводили за загальноприйнятою методикою, з використанням програмного забезпечення Statistica 6.0.

Результати досліджень. Проведені дослідження вказують на залежність окремих показників, що характеризують якісні характеристики молока, від генотипу тварин за геном каппа-казеїну. Встановлено, що за вмістом жиру в молоці перевагу мають первістки з генотипом BB. Між ними та тваринами з генотипами AB та AA має місце

статистично значуща різниця (P<0,001). За вмістом білка в молоці тварини з гомозиготним генотипом BB переважали тварин з іншими генотипами (P<0,001). Відповідно цим результатам, вміст сухої речовини в молоці первісток з генотипом BB був вищий за вміст сухої речовини в молоці корів з іншими генотипами (табл. 1).

За показниками кислотності та густини істотної різниці між тваринами різних генотипів за геном CSN3 не виявлено.

Подібні тенденції спостерігаються і при дослідженні молока від повновікових корів (табл. 2).

За вмістом білка в молоці серед повновікових корів переважали тварини з генотипом BB за геном CSN3 (P<0,001). Різниця між тваринами з генотипами AA та AB була статистично незначущою. Вищий вміст білка в молоці характерний тваринам з гомозиготним генотипом BB. Найменшим вмістом білка в молоці серед тварин досліджуваних генотипів характеризуються корови з генотипом AA. Різниця за цією ознакою між тваринами різних генотипів статистично значуща (P<0,001). Відповідно за переваги вмісту жиру та білка в молоці у тварин з генотипом BB, в молоці отриманому від них спостерігається і більший вміст сухої речовини. За фізичними показниками різниці між тваринами з різними генотипами не виявлено.

Про наявність впливу генотипу за геном каппа-казеїну на якісні характеристики молочної продуктивності зазначають і інші науковці (Gustavsson F. et all, 2013). Отримані нами результати щодо впливу генотипу за геном каппа-казеїном не узгоджуються з результатами отриманими вітчизняними науковцями на поголів'ї української бурої молочної породи (Ladyka V., et all, 2021). Так за їх результатами вищим вмістом жиру та білка в молоці відрізнялися первістки з генотипами AA та AB, тоді як за результатами наших досліджень перевагу мали тварини з генотипом BB. Результати дослідників вказують на те, що повновікові тварини з генотипом AB мали перевагу за досліджуваними ознаками над тваринами з гомозиготними генотипами AA та BB. За результатами наших досліджень повновікові тварини з генотипом BB переважали за вмістом складових молока. Проте результати

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники зразків молока з різним генотипом за каппа-казеїном (I лактація)

Генотип каппа-казеїну	Кислотність, од. рН	Густина, кг/м ³	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %
AA	6,3±0,01	1028±1,1	11,9±0,02	2,99±0,01	3,82±0,01
AB	6,2±0,01	1027±1,0	11,5±0,02	2,89±0,01	3,76±0,01
BB	6,3±0,01	1028±1,1	12,3±0,02	3,23±0,01	4,14±0,02

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники зразків молока з різним генотипом за каппа-казеїном (III лактація)

Генотип каппа-казеїну	Кислотність, од. рН	Густина, кг/м ³	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка білка, %	Масова частка жиру, %
AA	6,4±0,02	1026±0,9	12,1±0,02	2,86±0,02	4,10±0,02
AB	6,6±0,04	1028±0,8	12,6±0,02	3,05±0,02	4,05±0,02
BB	6,5±0,05	1029±1,0	12,9±0,02	3,14±0,02	4,37±0,02

наших досліджень повністю співпадають з результатами досліджень, що були проведені на поголів'ї вітчизняної чорно-рябої молочної породи (Ladyka V., et al., 2022). Науковцями встановлено, тварини з бажаним гомозиготним генотипом (BB) мають більший вміст жиру та білка в молоці. Як за вмістом сухої речовини так і сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) перевагу мали тварини з гомозиготним генотипом BB.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що у тварин української чорно-рябої молочної породи зустрічаються три генотипи за геном CSN3. Залежно від генотипу за досліджуваним геном, у тварин присутня диференціація за вмістом основних складових молока на користь тварин з гомозиготним генотипом BB. Вплив генотипу на фізичні показники молока відсутній.

Бібліографічні посилання:

1. Adamov, N., Atanasov, B., Ilievska, K., Nikolovski, M., Dovenska, M., Petkov, V., Dovenski, T. (2020). Allele and Genotype Frequencies of the Kappa-Casein (CSN3) Locus in Macedonian Holstein-Friesian Cattle. *Macedonian Veterinary Review*, Issue. 43 (1). pp. 45–54.
2. Akter, S., Anower, M., Hossainb, K., Alim, A., Jahan, N., Bhuyan, A. (2020). Genotyping of κ -casein and β -lactoglobulin genes in native cattle from Barishal region of Bangladesh. *Animal Biotechnology*, Issue. 31 (6). pp. 110–115.
3. Becerril-Pérez, C., Álvarez-Cepeda, F., Rosendo-Ponce, A., Alonso-Morales, R., Gayosso-Vázquez, A., Torres-Hernández, G., Rosales-Martínez, G. (2020). Kappa-casein genotyping in tropical milking Criollo and its association to milk production and composition. *Trop Anim Health Prod*. Issue. 52(6). pp. 3885–3888.
4. Bratushka, R. V., Skliarenko, Yu. I., Cherniavska, T. O. (2011). Yakisnyi sklad moloka koriv ukraïnskoi buroi molochnoi porody ta sumskoho vnutrishnoporodnoho typu ukraïnskoi chorno-riaboi molochnoi porody [Qualitative composition of milk from cows of the Ukrainian brown dairy breed and the Sumy inbred type of the Ukrainian black and spotted dairy breed]. *Zbirnyk naukovykh prats «Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytsyny»*. Issue. 22, Chastyna 1, T.1. pp. 249–253. (in Ukrainian)
5. Dell'Eva, G., Bolognini, D., Iacono, E., Merlo, B. (2020). Embryo Transfer for Dissemination of κ -casein BB Genotype and Improvement of Milk Clotting Properties. *International Journal of Dairy Science*. Issue. 15(4). pp. 182–188.
6. Gustavsson, F., Buitenhuis, A. J., Johansson, M., Bertelsen, H. P., Glantz, M., Poulsen, N. A. (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*. Issue. 97. pp. 3866–3877.
7. Heck, J., Schennink, A., van Valenberg, H., Bovenhuis, H., Visker, M. van Arendonk, J., van Hooijdonk, A., 2009, Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science*. Issue. 92 (3). pp. 1192–1202.
8. Kamiński, S., Zabołewicz, T., Oleński, K., Babuchowski, A., 2023, Long-term changes in the frequency of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin alleles in Polish Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*. Issue. 32(2). pp. 205–210.
9. Khmelnychy, L. M., Pavlenko, Yu. M. (2021). Henetychni markery v selektsii ta zberezheni henofondu buroi khudoby Sumskoho rehionu [Genetic markers in the selection and preservation of the gene pool of brown cattle of the Sumy region]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tvarynnytstvo* [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Livestock]. Issue. 1(44). pp. 3–11. (in Ukrainian)
10. Kulibaba, R., Sakhatskyi, M., Liashenko, Yu., (2022). Analysis of the distribution of haplotype frequencies by CSN2 and CSN3 loci in the population of cows of the Ukrainian Black and White dairy breed. *Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Husbandry of NAAS*. Issue. 128. pp. 94–104.
11. Kyselová, J., Ječmínková, K., Matějčková, J., Hanuš, O., Kott, T., Štípková, M., Krejčová, M. (2019). Physicochemical characteristics and fermentation ability of milk from Czech Fleckvieh cows are related to genetic polymorphisms of β -casein, κ -casein, and β -lactoglobulin. *Asian-Australas J Anim Sci*. Issue. 32 (1). pp. 14–22.
12. Ladyka, V. I., Pavlenko, Yu. M., Skliarenko, Yu. I. (2021). Analiz molochnoi produktyvnosti koriv ukraïnskoi buroi molochnoi porody riznykh henotypiv za kapa-kazeinom [Analysis of milk productivity of Ukrainian brown dairy cows of different genotypes by kappa-casein] *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*. [Technology of production and processing of livestock products] Issue. 1. pp. 74–81. (in Ukrainian)
13. Ladyka, V. I., Pavlenko, Yu. M., Skliarenko, Yu. I. (2021). Formuvannia henealohichnoi struktury khudoby ukraïnskoi chorno-riaboi molochnoi porody v sumskomu rehioni ta doslidzhennia yii vplyvu na henotyp koriv za kapa-kazeinom [Formation of the genealogical structure of Ukrainian black-and-white dairy breed cattle in the Sumy region and study of its influence on the genotype of cows by kappa-casein]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn*. [Animal breeding and genetics]. Issue. 61. pp. 126–136. (in Ukrainian)
14. Ladyka, V. I., Pavlenko, Yu. M., Skliarenko, Yu. I., Drevytska, T. I., Dosenko, V. Ye. (2022). Formuvannia hospodarsko-korysnykh oznak u koriv ukraïnskoi chorno-riaboi molochnoi porody riznykh henotypiv za kapa-kazeinom [ormation of economically useful traits in cows of Ukrainian black-motley dairy breed of different genotypes by kappa-casein]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*. [Technology of production and processing of livestock products]. Issue. 1. pp. 83–89. (in Ukrainian)
15. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., Pavlenko, Yu. M. (2018). Kharakterystyka henetychnoi struktury plidnykiv lebedynskoi porody za henom kapa-kazeinu (CSN3) [Characteristics of the genetic structure of the Lebedyn breed of bulls based on the kappa-casein gene (CSN3)]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn* [Animal breeding and genetics]. Issue. 56. pp.157–160. (in Ukrainian)
16. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., Pavlenko, Yu. M. (2020). Otsinka buhaiv-plidnykiv za alelnymy variantamy henu kapa-kazeinu [Assessment of bulls-breeders based on allelic variants of the kappa-casein gene]. *Podilskyi visnyk* [Podilskyi visnyk]. Issue. 32. pp. 45–53. (in Ukrainian)

17. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., Pavlenko, Yu. M. (2022). Formuvannia hospodarsko-korysnykh oznak u koriv ukrainskoi buroi molochnoi porody riznykh henotypiv za kapa-kazeinom [formation of economically useful traits in cows of Ukrainian brown dairy breed of different genotypes by kappa-casein]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn. [Animal breeding and genetics]*. Issue. 63. pp. 161–168. (in Ukrainian)
18. Ladyka, V., Skliarenko, Y., Vechorka, V., Bolhova, N., Kuchkova, T. (2024). Studying the influence of the protein composition of raw milk from cows with different kappa-casein genotypes on the hard cheese yield and nutrient content. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Issue. 24(3). pp. 509–517.
19. Ladyka, V., Bolhova, N., Huba, S., Sokolenko V., Skliarenko, Yu. (2024). Investigation of the influence of milk protein genotype on the process of fermentation of milk curds by mesophilic lactic acid streptococci. *Scientific Horizons*, Issue. 27(8). pp. 113–121. (in Ukrainian)
20. Ladyka, V., Drevytska, T., Pavlenko, J., Skliarenko, Y., Lahuta, T., Drevytskyi, T., Dosenko, T. (2022). Evaluation of cow genotypes by kappa-casein of dairy breeds. *Acta fytotechn zootechn*. 2022. Issue. 25, (1). pp. 1–6.

Chernyavska T. O., PhD., Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Study of the influence of the CSN3 gene genotype on the quality characteristics of cow milk

Recently, scientists have emphasized the promising direction of using marker-associated selection measures in practical breeding work. In their opinion, this allows for the selection of animals based on their genotype. One of the important factors in the use of marker-associated selection in dairy cattle breeding is considered to be a significant acceleration of the selection effect.

Scientific research on the influence of the kappa-casein gene (CSN3) on the indicators of milk productivity of cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed was carried out on the basis of a breeding plant for breeding animals of this breed. The breeding plant belongs to the State Enterprise "Research Farm of the Institute of Agriculture of the North-East of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine", located in the Sumy district of the Sumy region. The polymorphism of the kappa-casein gene was studied in the genetic laboratory of the Institute of Physiology named after Bogomolets NAS using molecular biological analysis of allele recognition by real-time polymerase chain reaction (PCR) according to generally accepted methods. Milk productivity was assessed by monthly control milkings with milk sampling. A counter – indicator IU-1 was used to sample milk. The content of milk components was determined in the laboratory of the Institute of Animal Husbandry of the NAAS by infrared photometry using equipment from Bentley Instruments Corporation (USA).

Among the studied animals, animals of three genotypes were identified: AA, AB, BB. Depending on the genotype according to the studied gene, there is a differentiation in the content of the main components of milk in favor of animals with the homozygous BB genotype. Both first-born and full-term animals with the homozygous BB genotype had a higher fat and protein content in milk. A statistically significant difference was established between them and animals with other genotypes (AA and AB). Accordingly, animals with the BB genotype also had an advantage in terms of dry matter content. There is no effect of genotype on the physical parameters of milk.

Key words: fat content, protein content, genotype, kappa-casein.