

Научная статья  
 УДК 636.082/04.12  
 doi:10.35694/YARCX.2023.63.3.007

## АЛЛЕЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА У КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

**С. С. Жаймышева<sup>1</sup>, Т. Г. Герасимова<sup>2</sup>, В. И. Косилов<sup>3</sup>, Л. Н. Бакаева<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сауле Серекпаевна Жаймышева,  
 saule-zhaimysheva@mail.ru, ORCID 0000-0003-2253-3660

**Реферат.** В статье приводятся результаты изучения аллельных вариантов гена каппа-казеина (k-cas) – AA, AB, BB в молоке у коров разных линий Вис Бэк Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг 198998 голштинской породы крупного рогатого скота. Были сформированы 6 групп коров третьей лактации по 15 голов в каждой по принципу аналогов аллельных вариантов каппа-казеина. Разница по 3-й лактации между коровами III группы (7060 кг) и остальными группами составила 307, 543, 270, 283 и 112 кг молока соответственно. По содержанию жира и белка в молоке разница составила в пределах 0,01–0,04% по группам. В связи с этим по количеству молочного жира разница была незначительная – в пределах 12,19–21,94 кг. Установлено, что наибольшая вариабельность (Cv%) характерна для удою, затем величина коэффициента вариации последовательно убывает по массовой доле жира и белка в молоке. Наибольшая изменчивость по удою (15,37%) наблюдалась у коров IV группы. Связь между удоем и содержанием белка в молоке была положительная у животных всех групп (+0,07...+0,52), кроме коров VI группы (k-cas (BB)), у которых она была слабая отрицательная (–0,37). Отрицательная связь массовой доли жира и белка наблюдалась в молоке коров I, II, IV и V групп, а у животных III и VI групп она была положительной, но достоверной только у коров VI группы ( $P \geq 0,95$ ). В молоке коров всех подопытных групп установлена высокая положительная и достоверная связь между массовой долей белка и его основной фракцией – казеином.

*Ключевые слова:* скотоводство, голштинская порода, дочери быков, молочная продуктивность, каппа-казеин

## ALLELIC VARIANTS OF THE KAPPA-CASEIN GENE IN HOLSTEIN COWS

**Saule S. Zhaimysheva<sup>1</sup>, Tatiyana G. Gerasimova<sup>2</sup>, Vladimir I. Kosilov<sup>3</sup>,  
 Larisa N. Bakaeva<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

Author responsible for corespondence: Saule S. Zhaimysheva,  
 saule-zhaimysheva@mail.ru, ORCID 0000-0003-2253-3660

**Abstract.** The article presents the results of studying allelic variants of the kappa-casein (k-cas) gene – AA, AB, BB in milk in cows of different lines Vis Back Ideal 1013415 and Reflection Sovering 198998 of the Holstein breed of cattle. 6 groups of cows of the third lactation were formed, 15 heads in each according to the principle of analogues of allelic variants of kappa-casein. The difference in 3 lactation between cows of group III (7060 kg) and the rest of the groups was 307, 543, 270, 283 and 112 kg of milk, respectively. In terms of fat and protein content in milk the difference was within 0.01–0.04% by groups. In this regard, the difference in the amount of butterfat was insignificant – in the range of 12.19–21.94 kg. It was found that the greatest variability (Cv%) is characteristic of yield, then the value of the coefficient of variation consistently decreases in the mass fraction of fat and protein in milk. The greatest variability in yield (15.37%) was observed in cows of group IV. The association between yield and protein content was positive in animals of all groups (+0.07...+0.52), except for cows of group VI (k-cas (BB)), in which it was weakly negative (–0.37). A negative association of fat mass fraction and protein was observed in milk of cows of groups I, II, IV and V, and in animals of groups III and VI it was positive, but significant only in cows of group VI ( $P \geq 0.95$ ). In milk

of cows of all experimental groups there was a high positive and reliable association between mass fraction of protein and its main fraction – casein.

**Keywords:** cattle breeding, Holstein, daughters of bulls, milk productivity, kappa-casein

**Введение.** В связи с возрастающими требованиями к качеству молока и молочной продукции возникает необходимость использования в селекции генетических маркеров, связанных с признаками молочной продуктивности. В сложившейся ситуации требуется изменение в методах оценки признаков селекции животных. К классическим методам селекции животных необходимо добавить новые подходы, связанные с достижениями генетики и биотехнологии [1–5].

Одним из современных методов повышения продуктивных качеств животных является маркер-вспомогательная селекция, которая опирается на молекулярно-генетические методы анализа, а именно ПЦР-ПДРФ анализ, который отличается высокой чувствительностью, быстротой, точностью и лёгкостью в исполнении. При этом широко используется тестирование животных по локусу гена каппа-казеина [6–11].

Из казеиновых фракций белков молока наибольший интерес представляют:  $\alpha$ s1-казеин,  $\beta$ -казеин и к-казеин, который занимает особое место среди составных частей казеина. За синтез к-казеина у крупного рогатого скота отвечает ген каппа-казеина (*CSN3*). В настоящее время выявлено 15 аллельных вариантов гена *CSN3*, а именно: A, B, B2, C, D, E, F1, F2, G1, G2, H, I, J, K и L.

**Материалы и методы исследований.** Целью исследований было изучение влияния аллельных вариантов гена каппа-казеина (k-cas) – AA, AB, BB в молоке у коров разных линий голштинской породы крупного рогатого скота на продуктивные качества. Для её достижения были сформированы

6 групп коров третьей лактации в зависимости от линейной принадлежности и вариантов гена каппа-казеина (k-cas) – AA, AB, BB. I, II и III группы – дочери быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415; IV, V и VI группы – дочери быков линии Рефлекшн Соверинг 198998. В каждой группе было по 15 коров. На Южном Урале исследования такого плана были проведены впервые, что обуславливает новизну полученных материалов.

**Результаты исследований.** При совершенствовании скота молочных пород широко используется методика ПЦР-ПДРФ анализа, позволяющая выявлять 6 полиморфных аллелей гена каппа-казеина крупного рогатого скота – A, B, C, E, F, G. Использование этого метода позволяет более объективно произвести оценку племенных и продуктивных качеств животных, так как ген *CSN3* – один из известных генов, напрямую связанных с белковомолочностью и технологическими свойствами молока. В-аллель гена каппа-казеина ассоциируется с более высоким выходом творога и сыра, а также с лучшими коагуляционными свойствами молока.

Анализ полученных данных свидетельствует, что молочная продуктивность за третью лактацию самой высокой была у коров III и VI групп, т.е. линий Рефлекшн Соверинг и линии Вис Бэк Айдиал, имеющих генетическую аттестацию по каппа-казеину k-cas BB (табл. 1).

При этом разница по 3-й лактации между коровами III группы (7060 кг) и остальными группами составляла 307, 543, 270, 283 и 112 кг молока соответственно. Аналогичные межгрупповые различия отмечались по массовой доле жира и белка

Таблица 1 – Молочная продуктивность коров ( $X \pm Sx$ )

Показатель	Группа					
	I	II	III	IV	V	VI
	Генетическая аттестация по каппа-казеину k-cas					
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
Удой, кг	6753 $\pm$ 273,3	6517 $\pm$ 264,8	7060* $\pm$ 240,0	6790 $\pm$ 308,8	6777 $\pm$ 242,2	6948 $\pm$ 410,2
Содержание жира в молоке, %	3,73 $\pm$ 0,03	3,73 $\pm$ 0,01	3,76 $\pm$ 0,03	3,73 $\pm$ 0,02	3,75 $\pm$ 0,04	3,77 $\pm$ 0,03
Содержание молочного жира, кг	251,90 $\pm$ 14,7	243,51 $\pm$ 21,1	265,45 $\pm$ 13,0	253,26 $\pm$ 8,8	253,25 $\pm$ 14,3	261,19 $\pm$ 12,3
Содержание белка в молоке, %	3,34 $\pm$ 0,012	3,35 $\pm$ 0,01	3,34 $\pm$ 0,01	3,34 $\pm$ 0,01	3,31 $\pm$ 0,01	3,34 $\pm$ 0,01
Содержание молочного белка, кг	225,55 $\pm$ 13,7	218,31 $\pm$ 14,1	235,80* $\pm$ 12,9	228,10 $\pm$ 11,2	226,35 $\pm$ 13,9	229,99 $\pm$ 15,2

Примечание: \* – достоверно при  $P > 0,95$ .

в молоке. При этом разница в пользу коров III группы по величине изучаемых показателей находилась в пределах 0,01–0,04%. В связи с этим по количеству молочного жира разница была незначительная – в пределах 12,19–21,94 кг. Наименьшая разница отмечалась между животными III и VI групп и составляла 4 и 26 кг соответственно.

Установлено, что наибольшая вариабельность (Cv%) характерна для удоя, затем величина коэффициента вариации последовательно убывает по массовой доле жира и белка в молоке. Наибольшая изменчивость по удою (15,37%) наблюдалась у коров IV группы. Характерно, что наименьшая изменчивость по удою отмечалась у коров III группы (9,36%). Степень варьирования и размах изменчивости по содержанию основных компонентов молока (жира и белка) у коров свидетельствует об относительно большом разнообразии компонентов молока и достаточна, чтобы вести по ним эффективную селекцию.

Успех отбора животных по нескольким признакам зависит от уровня связи между ними. В наших опытах корреляция между удоем и содержанием жира в молоке колеблется в пределах от +0,19 до +0,41. Связь между удоем и содержанием белка в молоке была положительная у животных всех подопытных групп (+0,07...+0,52), кроме коров VI

группы (k-cas (BB)), у которых она была слабая отрицательная (–0,37). Достоверная положительная связь между удоем и питательностью молока установлена только у коров I, II и V групп ( $P \geq 0,95$ ). В наших исследованиях положительная связь массовой доли белка с содержанием сухих веществ в молоке наблюдалась у коров всех групп в пределах +0,45...+0,41. Отрицательная связь массовой доли жира и массовой доли белка наблюдалась в молоке коров I, II, IV и V групп, а у животных III и VI групп она была положительной, но достоверной только у коров VI группы ( $P \geq 0,95$ ). В молоке коров всех подопытных групп установлена высокая положительная и достоверная связь между массовой долей белка и его основной фракцией – казеином.

**Выводы.** Полученные данные исследований молочной продуктивности животных разных линий с учётом полиморфизма гена каппа-казеина создают возможность совершенствования голштинской породы скота в направлении повышения качества молока и его технологических свойств при использовании в сыроварении. В связи с этим увеличение доли животных, несущих в геноме ген каппа-казеина (k-cas) – BB, приведёт к увеличению производства белкомолочной продукции, и это необходимо учитывать в селекционном процессе.

#### Список источников

1. Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А., Кадралиева Б. Т. [и др.] Жирнокислотный состав жира молока чистопородных и помесных коров-первотелок // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5 (194). С. 156–162. ISSN 1819-4036. DOI 10.36718/1819-4036-2023-5-156-162.
2. Быкова О. А., Степанов А. В., Костюнина О. В. [и др.] Изучение аллельных вариантов SNPS, ассоциированных с воспроизводительной способностью коров чёрно-пёстрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 283–287. ISSN 2073-0853. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-283-287.
3. Крупина О. В., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М. [и др.] Влияние адаптогенов на состав и свойства молока коров-первотелок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 288–294. ISSN 2073-0853. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-288-294.
4. Gorelik O. V., Kosilov V. I., Mkrtychyan G. V. [et al.] Spin age-dependent correlation between live weight and milk yield of cows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. Vol. 839, № 3. P. 032004. DOI 10.1088/1755-1315/839/3/032004.
5. Gorelik O. V., Gorelik A. S., Galushina P. S. [et al.] The influence of reproductive functions on productivity of cows of various live weight // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. Vol. 848, № 1. P. 012062. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012062.
6. Костюнина О. В., Коновалова Е. Н., Долматова И. Ю. [и др.] Характеристика аллелофонда башкирских популяций крупного рогатого скота по генам CSN2 и CSN3 // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 64–67. ISSN 0235-2451.
7. Ткаченко И. В., Гридина С. Л. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 87–95. ISSN 0021-342X. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
8. Мкртчян Г. В., Бакай Ф. Р. Корреляция между показателями количественных и качественных признаков молочной продуктивности у коров голштинской породы с разным уровнем белка в молоке // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 1 (61). С. 90–96. ISSN 1998-1635. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.011.

9. Герасимова Т. Г. Влияние генотипа коров на закономерность развития признаков молочной продуктивности // Актуальные проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии : материалы нац. науч.-практ. конф. с международ. уч. (Оренбург, 10 марта 2022 г.). Оренбург : Изд-во Оренбургский государственный аграрный университет, 2022. С. 181–184. ISBN 978-5-6047204-9-3. EDN YFXDSS.

10. Герасимова Т. Г., Жаймышева С. С. Молочная продуктивность коров голштинской породы с разными генотипами по каппа-казеину // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса : материалы нац. науч.-практ. конф. с международ. уч. (Оренбург, 16 декабря 2022 г.). Оренбург : ООО Типография «Агентство Пресса», 2022. С. 251–254. ISBN 978-5-6049048-9-3. EDN YDCPYX.

11. Жаймышева С. С., Шаронина Е. В. Влияние использования ферментной кормовой добавки Фекорд на продуктивность коров красной степной породы // Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса : материалы нац. науч.-практ. конф. с международ. уч. (Оренбург, 16 декабря 2022 г.). Оренбург : ООО Типография «Агентство Пресса», 2022. С. 301–303. ISBN 978-5-6049048-9-3. EDN YRRFLG.

#### References

1. Kosilov V. I., Yuldashbaev Yu. A., Kadralieva B. T. [i dr.] ZHirnokislотноj sostav zhira moloka chistoporodnyh i pomесnyh korov-pervotelok // Vestnik KrasGAU. 2023. № 5 (194). S. 156–162. ISSN 1819-4036. DOI 10.36718/1819-4036-2023-5-156-162.

2. Bykova O. A., Stepanov A. V., Kostyunina O. V. [i dr.] Izuchenie allel'nyh variantov SNPS, associirovannyh s vosпроизводительnoj sposobnost'yu korov chyorno-pyostroj породы // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (99). S. 283–287. ISSN 2073-0853. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-283-287.

3. Krupina O. V., Mironova I. V., Khabibullin R. M. [i dr.] Vliyanie adaptogеноv na sostav i svoystva moloka korov-pervotyolok // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (99). S. 288–294. ISSN 2073-0853. DOI 10.37670/2073-0853-2023-99-1-288-294.

4. Gorelik O. V., Kosilov V. I., Mkrtchyan G. V. [et al.] Spin age-dependent correlation between live weight and milk yield of cows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. Vol. 839, № 3. P. 032004. DOI 10.1088/1755-1315/839/3/032004.

5. Gorelik O. V., Gorelik A. S., Galushina P. S. [et al.] The influence of reproductive functions on productivity of cows of various live weight // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, 2021. Vol. 848, № 1. P. 012062. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012062.

6. Kostyunina O. V., Konovalova E. N., Dolmatova I. Yu. [i dr.] Harakteristika allelofonda bashkirskih populyacij krupnogo rogatogo skota po genam CSN2 i CSN3 // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013. № 3. S. 64–67. ISSN 0235-2451.

7. Tkachenko I. V., Gridina S. L. Vliyanie polimorfnyh variantov genov kappa-kazeina i gormona rosta na molochnuyu produktivnost' pervotelok ural'skogo tipa // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 5. S. 87–95. ISSN 0021-342X. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.

8. Mkrtchyan G. V., Bakaj F. R. Korrelyaciya mezhdru pokazatelyami kolichestvennyh i kachestvennyh priznakov molochnoj produktivnosti u korov golshtinskoj породы s raznym urovnem belka v moloke // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 1 (61). S. 90–96. ISSN 1998-1635. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.011.

9. Gerasimova T. G. Vliyanie genotipa korov na zakonovernost' razvitiya priznakov molochnoj produktivnosti // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny i biotekhnologii : materialy nac. науч.-практ. конф. s mezhdunarod. uch. (Orenburg, 10 marta 2022 g.). Orenburg : Izd-vo Orenburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022. S. 181–184. ISBN 978-5-6047204-9-3. EDN YFXDSS.

10. Gerasimova T. G., Zhajmysheva S. S. Molochnaya produktivnost' korov golshtinskoj породы s raznymi genotipami po kappa-kazeinu // Nacional'nye prioritety razvitiya agropromyslennogo kompleksa : materialy nac. науч.-практ. конф. s mezhdunarod. uch. (Orenburg, 16 dekabrja 2022 g.). Orenburg : ООО Tipografiya «Агентство Пресса», 2022. S. 251–254. ISBN 978-5-6049048-9-3. EDN YDCPYX.

11. Zhajmysheva S. S., Sharonina E. V. Vliyanie ispol'zovaniya fermentnoj kormovoj dobavki Fekord na produktivnost' korov krasnoj stepnoj породы // Nacional'nye prioritety razvitiya agropromyslennogo kompleksa : materialy nac. науч.-практ. конф. s mezhdunarod. uch. (Orenburg, 16 dekabrja 2022 g.). Orenburg : ООО Tipografiya «Агентство Пресса», 2022. S. 301–303. ISBN 978-5-6049048-9-3. EDN YRRFLG.

#### Сведения об авторах

**Сауле Серекпаевна Жаймышева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии и производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образо-



вательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 5026-8282.

**Татьяна Геннадьевна Герасимова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии и производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 8818-6082.

**Владимир Иванович Косилов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии и производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 1802-6176.

**Лариса Николаевна Бакаева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии и производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 6299-4578.

#### *Information about the authors*

**Saule S. Zhaimysheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 5026-8282.

**Tatyana G. Gerasimova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 8818-6082.

**Vladimir I. Kosilov** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Technology and Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 1802-6176.

**Larisa N. Bakaeva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin code: 6299-4578.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest