

GENOTYP BETA-LAKTOGLOBULINY I KAPPA-KAZEINY A UŻYTKOWOŚĆ MLECZNA W LAKTACJI MAKSYMALNEJ

Beata Sitkowska¹, Ewa Wiśniewska¹, Wojciech Neja²

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy

¹ Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt

² Katedra Hodowli Bydła

ul. Mazowiecka 28, 85-084 Bydgoszcz

Na podstawie polimorfizmu w genie beta-laktoglobuliny oraz kappa-kazeiny określono strukturę genetyczną populacji 205 krów utrzymywanych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. Oznaczenie genotypów przeprowadzono przy użyciu metody PCR-RFLP. Wyniki przeprowadzonych badań pod względem polimorfizmu beta-laktoglobuliny wskazały na ponad dwukrotnie większy udział w badanej populacji heterozygot BLG AB (0,47) niż homozygot BLG AA (0,24) i BLG BB (0,29). W przypadku genu kappa-kazeiny stwierdzono przewagę genotypów CASK AA (0,70) i niewielki udział genotypów CASK BB (0,06).

Najwyższą wydajność mleka i jego podstawowych składników stwierdzono w laktacji maksymalnej u krów o genotypie BLG AA. Natomiast mleko krów BLG BB pod względem zawartości tłuszczu przewyższało mleko pozyskiwane od krów o genotypach BLG AA i BLG AB. Różnice nie były istotne statystycznie. Gen CASK również nie wpływał statystycznie na wydajności badanych krów w laktacji maksymalnej. Stwierdzono niską zawartość tłuszczu w mleku u krów o genotypie CASK BB, jednak liczebność tej grupy (13 zwierząt) uniemożliwia traktowanie tego wyniku jako miarodajnego. Istnieje potrzeba prowadzenia tego typu badań na większej populacji zwierząt.

Słowa kluczowe: krowa, białka mleka, beta-laktoglobulina, kappa-kazeina

1. WSTĘP

W realizowanych obecnie programach hodowlanych bydła mlecznego zawartość i wydajność białka w mleku są cechami najwyżej premiowanymi. Wynika to m.in. z tendencji do wysokiego przetwarzania mleka, dlatego jego skład chemiczny ma pierwszorzędne znaczenie, od niego zależy cena mleka oraz opłacalność i ekonomika produkcji.

Wyniki badań dotyczące polimorfizmu białek mleka coraz częściej wprowadza się do pracy hodowlanej jako dodatkowe parametry selekcyjne. Dotyczy to przede wszystkim wariantów genetycznych dwóch genów: kappa-kazeiny (CASK) i beta-laktoglobuliny (BLG) oraz ich wpływu na zawartość białka a także cechy technologiczne mleka, zwłaszcza w konfrontacji z wymaganiami przemysłu mleczarskiego, który preferuje mleko o lepszych parametrach technologicznych do produkcji serów. Wiele stacji zajmujących się

inseminacją bydła mlecznego, zarówno w Europie, jak i w Ameryce Północnej, zamieszcza już określony genotyp CASK i BLG w katalogach handlowych, jako molekularny marker genetyczny [7, 19].

W ostatnich latach coraz częściej próbuje się wykazać zależności między polimorfizmem białek mleka a wydajnością, składem chemicznym i parametrami technologicznymi mleka krów [5, 8, 10, 12, 18].

Podstawowym składnikiem białek serwatkowych jest beta-laktoglobulina, której zawartość szacuje się na 9% związków azotowych mleka [1, 3, 4, 20]. Polimorfizm beta-laktoglobuliny warunkuje seria kodominujących alleli. Najczęściej identyfikowane są jej trzy warianty: AA, AB i BB [12, 13, 19].

κ -kazeina (CASK), której zawartość w mleku krowim waha się w granicach 2,4–2,6%, jest białkiem mleka wzbudzającym największe zainteresowanie wśród badaczy. Stanowi ona ok. 78–85% ogółu białek mleka. Jej wysoka wartość odżywcza powoduje, że odgrywa ona zasadniczą rolę w odchowcie potomstwa. Ponadto κ -kazeina jest głównym źródłem wapnia i fosforu dla młodego organizmu. Wartość biologiczna kazeiny dorównuje białku mięsa i znacznie przewyższa wartością białek zbóż oraz roślin strączkowych [12, 15].

Celem badań było oszacowanie frekwencji genów i genotypów beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny oraz ich wpływu na wydajność i skład chemiczny mleka w maksymalnej laktacji u krów utrzymywanych w województwie kujawsko-pomorskim.

2. MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 205 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, użytkowanych w trzech wybranych stadach położonych w województwie kujawsko-pomorskim. Krew pobrano z żyły jarzmowej do próbek z EDTA. Wysokiej jakości DNA uzyskano dzięki zastosowaniu kitu do izolacji MasterPure™ DNA Purification Kit from Blood (Epicentre Technologies) zgodnie z metodyką producenta.

Identyfikację genu BLG przeprowadzono na podstawie polimorfizmu w eksonie 4 w pozycji (T→C), analizę RFLP dokonano przy użyciu enzymu restrykcyjnego HaeIII (Fermentas) [14]. Metodą PCR amplifikowano fragment długości 262 par zasad. Reakcja przebiegała w objętości 25 μ l mieszaniny i zawierała odpowiednio: 200 ng genomowego DNA, 2,5 pmol każdego z primerów, 200 μ M każdego z dNTP, 1,5 mM MgCl₂ i 0,625 U *Taq* Polimerazy (Fermentas). Profil temperatur reakcji PCR był następujący: denaturacja wstępna 94°C przez 3 min następnie 34 cykle namnażające po 30 s w 94°C, 30 s w 60°C, 30 s w 72°C i końcowa temperatura wydłużania 5 min w 72°C. Dla strawienia fragmentu o długości 262 bp przy użyciu enzymu HaeIII próbki były inkubowane przez 4 h w 37°C.

Badania molekularne nad genem CASK przeprowadzono analizując polimorfizm w eksonie 4 genu w pozycji (A→C), analizę RFLP dokonano przy użyciu enzymu restrykcyjnego HinfI (Fermentas) [14].

Reakcję prowadzono w objętości 25 μ l mieszaniny i zawierała ona: 200 ng genomowego DNA, 2,5 pmol każdego z primerów, 200 μ M każdego z dNTP, 1,5 mM MgCl₂ i 0,625 U *Taq* Polimerazy (Fermentas). Profil temperatur reakcji PCR był następujący: denaturacja wstępna 94°C przez 3 min następnie 35 cykli namnażających po 30 s w 94°C, 30 s w 60°C, 30 s w 72°C i końcowa temperatura wydłużania 5 min

w 72°C. Dla strawienia fragmentu o długości 350 bp przy użyciu enzymu *HinfI* próbki były inkubowane przez 6 h w temperaturze 37°C.

Uzyskane fragmenty restrykcyjne, zarówno dla genu BLG jak i CASK, rozdzielane były następnie w 3,5-procentowych żelach agarozowych z dodatkiem bromku etydyny ($0,5 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), w obecności wzorca DNA pUC19/*MspI*.

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono charakterystykę struktury genetycznej badanej populacji krów, w tym celu obliczono frekwencję genów i genotypów BLG i CASK. Dane o maksymalnej wydajności mlecznej krów, dla których zbadano frekwencje genów BLG i CASK pochodziły z bazy danych systemu SYMLEK. Obliczenia statystyczne wykonano przy zastosowaniu wieloczynnikowej analizy wariancji [17]. Istotności różnic zweryfikowano za pomocą testu statystycznego Scheffe.

3. WYNIKI BADAŃ

W badaniach własnych wyodrębniono trzy grupy krów pod względem polimorfizmu beta-laktoglobuliny oraz kappa-kazeiny: AA, AB i BB. Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że udział heterozygot BLG AB w badanej populacji był ponad dwukrotnie większy niż homozygot AA i BB, przy czym stwierdzono niewiele większą ilość homozygot BLG BB w porównaniu z homozygotami AA. W analizowanej populacji w układzie BLG stwierdzono większy udział genu B (0,53) niż A (0,47) (tab. 1). W przypadku genu kappa-kazeiny, stwierdzono przewagę genotypów CASK AA (0,70) i niewielki udział genotypów CASK BB (0,06). Zaobserwowano większą frekwencję allelu A (0,82) nad pożądanym w hodowli allelem B (0,18).

Tabela 1. Frekwencja genów i genotypów beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny w badanej populacji

Table 1. Frequency of beta-globulin and kappa-casein genes and genotypes in the population examined

Genotyp Genotype	Liczba genotypów Number of genotypes	Frekwencja genotypów Frequency of genotypes	Frekwencja allelu Frequency of allele	
			A	B
BLG				
AA	49	0,24	0,47	0,53
AB	96	0,47		
BB	60	0,29		
CASK				
AA	143	0,70	0,82	0,18
AB	49	0,24		
BB	13	0,06		

W tabeli 2 przedstawiono wyniki użytkowości mlecznej krów w maksymalnej laktacji w zależności od wariantu genetycznego beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny. Stwierdzono, że najwyższą wydajnością mleka i jego podstawowych składników charakteryzowały się krowy o genotypie BLG AA. Natomiast mleko krów BLG BB pod względem zawartości tłuszczu przewyższało mleko pozyskiwane od krów o genotypach BLG AA i BLG AB. Różnice nie były jednak istotne statystycznie.

W przypadku genu kappa-kazeiny stwierdzono, że krowy niezależnie od genotypu produkowały mleko na podobnym poziomie, różnice nie były istotne statystycznie (tab. 2). Stwierdzono niską zawartość tłuszczu w mleku u krów o genotypie CASK BB (4,29%) w porównaniu z dwiema pozostałymi cechami polimorficznymi (4,49%), jednak liczebność homozygot recesywnych (13 zwierząt) uniemożliwia traktowanie tego wyniku jako wyznacznika dla większej populacji, obarczony jest on dużym błędem. Test statystyczny Scheffé nie wykazał różnic istotnych statystycznych pomiędzy badanymi grupami krów.

Tabela 2. Wydajność mleka badanej populacji krów oszacowanych dla laktacji maksymalnej w zależności od wariantu genetycznego beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny

Table 2. Milk yield of the examined population of cows estimated for maximum lactation depending on the genetic variant of beta-lactoglobulin and kappa-casein

Genotyp Genotype	Wydajność mleka Milk yield (kg)	Wydajność tłuszczu Fat yield (kg)	Zawartość tłuszczu Fat content (%)	Wydajność białka Protein yield (kg)	Zawartość białka Protein content (%)
BLG					
AA	7701,55	334,50	4,35	254,07	3,30
AB	7404,24	331,08	4,49	244,61	3,31
BB	7334,78	334,72	4,54	242,17	3,30
CASK					
AA	7501,60	335,87	4,49	248,81	3,33
AB	7306,44	327,97	4,49	237,60	3,24
BB	7488,70	319,30	4,29	248,70	3,31

Analizując wpływ laktacji, stada, z której pochodziły zwierzęta oraz genotypów pod względem genów BLG i CASK, stwierdzono wysoko istotny statystycznie wpływ dwóch pierwszych czynników na użytkowość mleczną krów w laktacji, natomiast wpływ badanych genów okazał się nieistotny statystycznie (tab. 3).

Tabela 3. Wartość F_{emp} oraz istotność wpływu badanych czynników na wydajność mleka w laktacji maksymalnej

Table 3. Value of F_{emp} and the significance of the effect of the factors studied on milk yield in maximum lactation

Czynniki Factors	Maksymalna laktacja krów – Maximum lactation of cows				
	Wydajność mleka Milk yield (kg)	Wydajność tłuszczu Fat yield (kg)	Zawartość tłuszczu Fat content (%)	Wydajność białka Protein yield (kg)	Zawartość białka Protein content (%)
Laktacja Lactation	8,96**	5,68**	0,78	5,10**	4,92**
Stado – Herd	3,92**	8,65**	10,23**	3,16*	12,94**
Genotyp Genotype	0,75	0,19	0,30	0,84	0,06
BLG					
Genotyp Genotype	0,37	1,06	1,31	0,83	2,34
CASK					

** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$

4. DYSKUSJA WYNIKÓW

Uzyskane rezultaty pod względem frekwencji genu BLG korespondują z wynikami innych autorów [4, 7, 14, 19]. Litwińczuk i wsp. [13] wykazała podobny procentowy udział genotypów BLG w czterech odmiennych typach gospodarstw. Autorzy oszacowali dla środkowo-wschodniej Polski udział BLG AA, AB i BB odpowiednio na poziomie: 13,3, 53,4 i 33,3, natomiast dla rejonu wileńskiego na Litwie: 20,6, 58,6 oraz 21,1. W badaniach Czerniawskiej-Piątkowskiej i Kamienieckiego [4] fenotypy BLG AB najliczniej występowały w grupie krów o najwyższym (75,1–100%) udziale genów hf, natomiast w grupie krów o genotypie 50,1–75,0% autorzy nie stwierdzili występowania wariantu BLG AA. Ziemiński i wsp. [21] uzyskali również podobne rezultaty, w przypadku określonych frekwencji badanych genów.

Podobną tendencję frekwencji genów determinujących polimorfizm BLG obserwowali również Czerniawska-Piątkowska i Kamieniecki [4], Litwińczuk i wsp. [13], Kamiński [7]. Litwińczuk i wsp. [12] wskazują za innymi autorami na zróżnicowanie częstotliwości występowania genów BLG A i B w zależności od rasy była. Kamiński i Figiel [9] badając mieszańce $cb \times hf$ wykazali, że frekwencja allelu A, przewyższa frekwencję allelu B we wszystkich badanych grupach.

Ng-Kwai-Hang i wsp. [16] po przebadaniu krów z 546 stad bydła mlecznego stwierdzili, że największą frekwencją pod względem genu BLG charakteryzowały się heterozygoty AB, było ich prawie 50%, homozygot BB – 40%. Jeżeli chodzi o frekwencję genu CASK, najczęściej stwierdzono osobników z genem w formie A, homozygot AA 54,54%, heterozygot AB – 41,54%, osobników BB – 3,92%. W badaniach własnych grupa osobników CASK BB była również najmniej licznie reprezentowana.

Badania własne wskazujące na wyższość allelu BLG A dla wydajności mlecznej krów korespondują z rezultatami uzyskanymi przez Kamińskiego i Zbolewicza [8] oraz Ziemińskiego i wsp. [21]. W wynikach badań własnych nie zostały potwierdzone statystycznie, jednak na ich podstawie można wnioskować o korzystnym efekcie oddziaływania allelu BLG A na wydajność mleka i jego podstawowych składników również w badanej populacji krów.

W zależności od wariantu genetycznego beta-laktoglobuliny, krowy o genotypie BLG BB charakteryzowały się wyższą o 0,19–0,05% zawartością tłuszczu w porównaniu z homozygotami AA i heterozygotami AB. Wyniki badań własnych korespondują z rezultatami Dobickiego i wsp. [5] oraz innymi autorami cytowanymi przez Litwińczuk i wsp. [12]. Kamiński i Zbolewicz [8] stwierdzili wyższą zawartość tłuszczu i białka (4,32 i 3,51%) w mleku produkowanym przez krowy o genotypie BLG AA, natomiast wartości tych cech w przypadku genotypów AB i BB były jednakowe, odpowiednio: 4,27 i 3,33%.

Badania prowadzone przez Lin i wsp. [11] nad wpływem kappa-kazeiny na cechy użytkowości mlecznej w poszczególnych laktacjach krów wskazały, że krowy o genotypie BB dawały więcej mleka niż krowy o pozostałych genotypach. Bovenhuis i Weller [2] wykazali natomiast, że mleko krów o genotypie homozygot BB pod względem CASK zawierało więcej białka niż pozostałych porównywanych grup. Badania te wskazują również na zdecydowanie większą przydatność technologiczną do produkcji serów mleka krów o genotypie BB pod względem genu CASK [2]. Feleńczak i wsp. [6] w swoich badaniach wskazują, że krowy posiadające genotyp AB i BB kappa-kazeiny charakteryzowały się wyższą zawartością białka ogólnego i tłuszczu w mleku. Buchberger

i Dovic [3] wskazują, na podstawie zebranych danych literaturowych, na genotypy CASK wariant BB i BLG wariant BB jako rekomendowane dla przemysłu mleczarskiego do produkcji serów, jednak zalecają w tym względzie dalsze wnikliwe badania.

Według Litwińczuk i wsp. [12] oraz Zatoń [20] polimorfizm białek mleka został na tyle poznany, że w pracy hodowlanej genetyczne warianty białek mleka mogą zostać z powodzeniem wprowadzone jako dodatkowe parametry selekcyjne. Zdaniem autorów dotyczy to głównie wariantów genetycznych beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny oraz ich wpływu na zawartość białka oraz cechy technologiczne mleka. Prowadzenie selekcji bydła mlecznego z wykorzystaniem markerów genetycznych byłoby odpowiedzią na coraz wyższe wymagania przemysłu mleczarskiego, preferującego mleko o wyższych parametrach technologicznych do produkcji serów. Zdaniem Kamińskiego [7], dla zapewnienia wykorzystania pożądaných efektów niektórych genotypów białek mleka należałoby wprowadzić selektywną dystrybucję nasienia, polegającą na stosowaniu nasienia buhajów o korzystnych genotypach np. beta-laktoglobuliny w tych regionach, w których funkcjonują duże zakłady przetwórstwa mlecznego, natomiast nasienie pozostałych buhajów w regionach, gdzie mleko skupowane jest głównie do bezpośredniej konsumpcji.

5. WNIOSKI

1. Wyniki przeprowadzonych badań pod względem polimorfizmu beta-laktoglobuliny wskazują na ponad dwukrotnie większy udział w badanej populacji heterozygot BLG AB (0,47) niż homozygot BLG AA (0,24) i BLG BB (0,27). W obrębie beta-laktoglobuliny wykazano przewagę częstości genu B nad A, co jest pożądane przez przemysł mleczarski.
2. Najwyższą wydajność mleka i jego podstawowych składników stwierdzono w laktacji maksymalnej u krów o genotypie BLG AA. Mleko krów BLG BB pod względem zawartości tłuszczu przewyższało mleko pozyskiwane od krów o genotypach BLG AA i BLG AB.
3. W badanej populacji zaobserwowano większą frekwencję allelu A (0,82) nad pożądanym w hodowli allelem B (0,18). W przypadku genu kappa-kazeiny stwierdzono, że krowy niezależnie od genotypu produkowały mleko na podobnym poziomie, różnice nie były istotne statystycznie.

LITERATURA

- [1] Aschaffenburg R., 1968. Reviews of the progress of dairy science. Genetic variants of milk proteins: their breed distribution. *J. Dairy Res.* 35, 447–460.
- [2] Bovenhuis H., Weller J.I., 1994. Mapping and Analysis of Dairy Cattle Quantitative Trait Loci by Maximum Likelihood Methodology Using Milk Protein Genes as Genetic Markers. *Genetics* 137(1), 267–280.
- [3] Buchberger J., Dovic P., 2000. Lactoprotein Genetic Variants in Cattle and Cheese Making Ability. *Food Technol. Biotechnol.* 38(2) 91–98.

- [4] Czerniawska-Piątkowska E., Kamieniecki H., 2002. Frekwencja genów i genotypów białek mleka krów w wielkostadnym gospodarstwie z terenu Pomorza Zachodniego. *Folia Univ. Stetin., Zoot.*, 227, 44, 35–40.
- [5] Dobicki A., Walawski K., Chladek G., Nowopolska A., Koliski W., Zachwieja A., 2002. Dairy traits of the progeny of red-and-white bulls described through the genetic polymorphism of milk proteins and principally of fraction α_{s1} -CN. *Ann. Anim. Sci.* 2(1), 5–15.
- [6] Feleńczak A., Gil Z., Ormian M., 2000. Kappa-kazeina jako wskaźnik przydatności technologicznej mleka. *Rocz. Nauk. Zoot., Suppl.* 8, 9–13
- [7] Kamiński S., 2001. Polimorfizm genów białek mleka u bydła. Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.
- [8] Kamiński S., Zabolewicz T., 2000. Associations between bovine beta-lactoglobulin polymorphism within coding and regulatory sequences and milk performance traits. *J. App. Genet.*, 41(2), 91–99.
- [9] Kamiński S., Figiel I., 1993. Kappa casein genotyping of Polish Black-and-White x Holstein-Friesian bulls by polymerase chain reaction. *Genet. Polon.* 34(1), 65–72.
- [10] Kucerova J., Matejcek A., Jandurova O.M., Sorensen P., Nencova E., Stipkova M., Kott T., Bouska J., Frelich J., 2006. Milk protein genes CSN1S1, CSN2, CSN3, LGB and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Flekvieh. *Czech J. Anim. Sci.* 51(6), 241–247.
- [11] Lin C.Y., McAllister A.J., Ng Kwai Hang K.F., Hayes J.F., Batra T.R., Lee A.J., Roy G.L., Vesely J.A., Wauthy J.M., Winter K.A., 1989. Relationships of milk protein types to lifetime performance. *J. Dairy Sci.* 72(11), 3085–3090.
- [12] Litwińczuk A., Barłowska J., Król J., Litwińczuk Z., 2006. Białka polimorficzne mleka jako markery cech użytkowych bydła mlecznego i mięsnego. *Med. Wet.* 62(1), 6–10.
- [13] Litwińczuk A., Litwińczuk Z., Tumienie M., Barłowska J., 1999. Polimorfizm białek mleka krów cb z wybranych rejonów Polski i Litwy. *Pr. i Mat. Zoot.* 54, 101–106.
- [14] Medrano J.F., Aguilar-Cordova E., 1990. Genotyping of bovine kappa-casein loci following DNA sequence amplification. *Bio/Technology* 8, 144–146.
- [15] Meisel H., 1998. Overview on milk protein-derived peptides. *Inter. Dairy J.* 8, 363–373.
- [16] Ng-Kwai-Hang K.F., Monardes H.G., Hayes J.F., 1990. Association between genetic polymorphism of milk proteins and production traits during three lactations. *J. Dairy Sci.* 73, JDS.fass.org/cgi/reprint/73/12/3414pdf
- [17] StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- [18] Strzałkowska N., Krzyżewski J., Ryniewicz Z., 2000. Wpływ genotypu beta-laktoglobuliny i kappa-kazeiny na wydajność, skład chemiczny i podstawowe parametry technologiczne mleka krów cb. *Pr. i Mat. Zoot.* 56, 107–119.
- [19] Walawski K., Czarnik U., Zabolewicz T., 1997. Związek między polimorfizmem beta-laktoglobuliny (BLG) i zróżnicowaniem wskaźników diagnostycznych charakteryzujących podkliniczne stany mastitis u krów rasy czarno-białej. *Rocz. Nauk. Zoot.* 24(4), 9–22.

- [20] Zatoń M., 1999. Znaczenie polimorfizmu kappa-kazeiny w hodowli bydła. Pr. i Mat. Zoot. 54, 7–19.
- [21] Ziemiński R., Juszcak J., Czarnik U., Ćwikła A., Zabolewicz T., Walawski K., 2005. Związek między polimorfizmem białek mleka i zróżnicowaniem wydajności oraz składu mleka krów utrzymywanych w stadzie bydła rasy czarno-białej kombinatu rolnego Kietrz. Acta Sci. Pol., Zootechnica 4(1), 163–170.

BETA-LACTOGLOBULIN AND KAPPA-CASEINE GENOTYPE AND MILK YIELD IN MAXIMUM LACTATION

Summary

Based on the polymorphism in beta-lactoglobulin and kappa-casein genes, a genetic structure of 205 cows bred in the Kujawy and Pomorze Province was determined. Genotypes were marked using the PCR-RFLP method. The results concerning polymorphism in beta-lactoglobulin gene indicated that in the population under analysis BLG AB heterozygotes (0.47) are twice as frequent as BLG AA (0.24) and BLG BB (0.29) homozygotes. In CASK configuration the following genotypes frequency was noted: AA (0.70), AB (0.24) and the lowest BB (0.06).

The highest yield of milk and its basic components was noted in maximum lactation in cows with BLG AA genotype. It was also observed that, depending on a genetic variant of beta-lactoglobulin, cows with BLG BB genotype were characterized by fat content higher in comparison with AA homozygotes and AB heterozygotes. There were no significant differences between the results depending of the cow genotype. Depending on genetic variant of kappa-casein, cows with CASK BB genotype demonstrated fat content lower than other cows, however the number of these animals was very low (13) and thus the result does not seem credible enough.

Keywords: cow, milk proteins, beta-lactoglobulin, kappa-casein

Praca dofinansowana z budżetu województwa w ramach Regionalnego Funduszu Badań i Wdrożeń Województwa Kujawsko-Pomorskiego