

Arī pētījuma grupas teļu dzīvmasas pieauguma temps ir samazinājies, tomēr samazinājums ir mazāks nekā kontroles grupas teļiem. Sevišķi atšķirīgi ir iegūtie rezultāti vasarā dzimušo teļu grupām, kur pētījumu grupas teļu dzīvmasas pieauguma samazinājums ir par 171 g mazāks nekā kontroles grupas teļiem. Teļu koriģētā dzīvmasa 200 dienu vecumā abās grupās pa dzimšanas sezonām nav būtiski atšķirīga.

Secinājumi

1. Uzsākot pētījumu, starp pētījuma un kontroles grupas teļu dzīvmasu un dzīvmasas pieaugumu līdz pētījuma uzsākšanai netika novērotas būtiskas atšķirības.
2. Pētījuma grupas teļu piebarošana zīdīšanas periodā ganībās nodrošināja lielāku vidējo dzīvmasas pieaugumu diennaktī – 600 g, kas ir par 70 g jeb 13% lielāks, salīdzinot ar kontroles grupu.
3. Pētījumā noskaidrots, ka teļa dzimums būtiski ietekmē dzīvmasu un augšanas ātrumu zīdīšanas periodā. Pētījuma laikā lielāku vidējo dzīvmasas pieaugumu diennaktī sasniedza pētījuma grupas buļļi 810 g, bet teles – 486 g.
4. Vasarā dzimušo teļu piebarošana ar placinātu graudu maisījumu bija īpaši nepieciešama, jo nodrošināja vidēji par 194 g lielāku dzīvmasas pieaugumu diennaktī, salīdzinot ar teļiem, kuri netika piebaroti.
5. Vidējais spēkbarības patēriņš vienam teļam dienā bija 1.07 kg. Iegūtie rezultāti norāda uz placinātu graudu maisījuma izbarošanas pozitīvo ietekmi attiecībā uz teļu augšanas ātrumu zīdīšanas periodā.

Izmantotā literatūra

1. Ahunu B., Makarechian M. (1986). Influence of birth date, sex of calf, breed group and age of dam on preweaning performance of range beef calves. *Canadian Journal of Animal Science*, Vol. 66 (2), p. 381–388.
2. Dan E. E, Creep feeding beef calves. Virginia tech. [Tiešsaiste] [skatīts 12.12.2015] Pieejams: <https://pubs.ext.vt.edu/400/400-003/400-003.html>.
3. Hand R. (1998). Creep feeding calves. Alberta Agriculture and Forestry. [Tiešsaiste] [skatīts 12.12.2015] Pieejams: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex3478](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex3478).
5. Krupa E., Oravcova M., Polak P., Huba J., Krupova Z. (2005). Factors affecting growth traits of beef cattle breeds raised in Slovakia. *Czech Journal of Animal Science*, Vol. 50, p. 14–21.
6. LGLA (2013). Gaļas šķirņu govju ciltsdarba programma 2013.–2017. gadam. 18. lp.
7. Scholz H., Mörchen F., Schäfer S., Fahr R. D. (2002). Zufütterung von Getreide an männliche Kälber aus der Mutterkuhhaltung während der Weideperiode. *Arch. Tierz.*, Dummerdorf 45, p. 511–521.
8. Szabo F., Nagy L., Dakay D., Marton D., Török, Bene Sz. (2006). Effect of breed, age of dam, birth year, birth season and sex on weaning weight of beef calves. *Livestock Science*, Vol. 103, p. 181–185.

SLAUCAMO GOVJU κ -KAZEĪNA UN β -LAKTOGLOBULĪNA GENOTIPU NOZĪME PIENA PĀRSTRĀDĒ

THE κ -CASEIN AND β -LACTOGLOBULIN GENOTYPES OF DAIRY COWS INFLUENCE ON MILK PROCESSING

Solvita Petrovska, Daina Jonkus

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte
solvitapetrovska@inbox.lv

Abstract. Casein and β -lactoglobulin are important components in milk. Casein is very important milk protein, but β -lactoglobulin is whey protein. Micelles of casein effected milk coagulation properties and it is very essential for cheese manufacturing. Casein is subdivided into four main groups: α_{S1} -casein, α_{S2} -casein, β -casein, and κ -casein. κ -casein micelles are connected in submicelle with calcium phosphate bond and it is the factor which affect coagulation. General

alleles of k-casein are A, B and E was analyzed in previous papers. Milk yield was observed highest with genotype AA, but milk protein and milk fat was highest with genotype BB. According by previous researches the frequency of A allele was highest in Holstein, Simental, but highest frequency of B allele was observed from Brown Swiss. This topic is urgent in Latvia, because increase Holstein, but decrease Latvian brown and Latvian blue cows. Latvian brown and Latvian blue cows produce milk with highest milk fat and protein content, and it is important for cheese manufacturing. β -lactoglobulin effected milk composition and milk coagulation properties. Time of coagulation was shorter from dairy cows with genotype AA. Highest lactoglobulin content and lower casein content was observed from cows with genotype BB.

Key words: casein, β -lactoglobulin, milk coagulation, milk protein.

Ievads

Dažādu zīdītāju pienu izmanto gan svaigā veidā, gan pārstrādei, gatavojot biezpienu un sieru, kā arī izmantojot citās tautsaimniecības nozarēs, piemēram, kosmetoloģijā. Piena ķīmiskais sastāvs nosaka tā izmantošanas virzienu. Plaši tiek izmantots govju piens, kurš vidēji satur 3.5–6.0% koptauku, 3.0–4.5% kopproteīna, 4.5–5.5% laktozes, kā arī minerālvielas. Ražojot produktus, kas saistīti ar piena olbaltumvielām, ir svarīgi zināt ne tikai kopējo olbaltumvielu saturu pienā, bet arī tā atsevišķās frakcijas. Koproteīns sastāv no kazeīna, sūkalu olbaltumvielām un neolbaltumvielu slāpekļa (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1982; Hambræus, 1994; Mir *et al.*, 2014). Kazeīns ir tā frakcija, kura nosaka piena koagulācijas īpašības. Kazeīns ir piena olbaltumviela, kas govju pienā atkarībā no dažādiem faktoriem var svārstīties no 24 līdz 29 g L⁻¹. Kazeīns veido 75–82% no visām piena olbaltumvielām (Fiat, Jollès, 1989; Boland *et al.*, 1992). Kazeīns pēc ķīmiskā raksturojuma ir fosfoproteīns, kurš satur arī kalcija katjonu (Ca²⁺). Izšķir vairākas kazeīna frakcijas (α -kazeīns, β -kazeīns un κ -kazeīns), kuru savstarpējās proporcijas nosaka piena koagulācijas procesu norisi. α -kazeīns sīkāk iedalās α_{s1} un α_{s2} kazeīnā. Galvenās atšķirības starp visām kazeīna frakcijām ir aminoskābju skaitā un aminoskābju secībā, kas savukārt nosaka, kā veidosies attiecīgā kazeīna olbaltumvielas otrējā, trešējā un ceturtējā struktūra. Olbaltumvielas struktūra nosaka tās ķīmiskās īpašības, kas tālāk ietekmē piena izmantošanas iespējas. Kappa (κ) kazeīns no pārējiem kazeīna veidiem atšķiras ar savu struktūru un īpašībām. κ -kazeīns galvenokārt nosaka piena pārstrādes procesā iegūtā produkta iznākumu, kā arī piedalās tādos fizioloģiskajos procesos kā citotoksiskie un antibakteriālie, palielinot imunitāti lietotājam. Kalcija fosfāta jonu saite nodrošina κ -kazeīna micellu veidošanos (Malacarne *et al.*, 2002; Hamza *et al.*, 2010).

Govju pienā kazeīna frakciju savstarpējā attiecība ir ģenētiski noteikta. Šie gēni tiek pētīti gan plaši izplatītām govju šķirnēm, piemēram, Holšteinas, gan dažādām vietējām šķirnēm, kā arī dažādu sugu krustojumiem, piemēram, *Bos taurus* × *Bos indicus* (Mitra *et al.*, 1998; Patel *et al.*, 2007). Zinot vaislinieku un vaislinieču genotipus pēc kazeīna gēniem, iespējams veikt selekciju un veidot ganāmpulkus, no kuriem iegūtais piens būtu piemērotāks pārstrādei. Tas ļautu palielināt iegūtā produkta daudzumu no viena kilograma svaigpiena. Domājot par produkcijas ražošanu, ir jāizvēlas piemērotākā šķirne, kā arī jāatlasa piemērotākie indivīdi (Olesen *et al.*, 2000). Otrs aspekts, kas ietekmē dzīvnieku izvēli, ir piena cena un resursu izmaksas. Ja piena pārstrādātājs ir ieinteresēts iegūt pēc iespējas lielāku produkta iznākumu, tad piena ražotājs vēlas saražot pēc iespējas lētāku produkciju, ja vien pārstrādātājs nenosaka piemaksas par atsevišķām piena sastāvdaļām, piemēram, olbaltumvielu saturu. Līdz ar to saimnieki bieži vien izvēlas vaisliniekus, kuri savām pēcnācējām nodrošina augstus izslaukumus, neiedziļinoties kazeīna genotipa izpētē (Rauw *et al.*, 1998).

Piena sastāvu un tā piemērotību pārstrādei ietekmē arī β -laktoglobulīns, kas ir sūkalu olbaltumviela. Savstarpējā mijiedarbībā κ -kazeīna un β -laktoglobulīna gēni nosaka, kāda būs konkrētā dzīvnieka piena produktivitāte (Tsiaras *et al.*, 2005).

Pētījuma mērķis bija veidot literatūras apskatu par kazeīna un sūkalu olbaltumvielas nosakošo gēnu sastopamību dažādu šķirņu populācijās.

κ -kazeīna gēna izpēte

Kazeīna gēni ietekmē ne tikai kazeīna saturu un tipu, bet, mijiedarbojoties ar citiem gēniem, arī piena izslaukumu, kopproteīna un koptauku saturu (Alim *et al.*, 2015). Vislielākā nozīme tiek pievērsta κ -kazeīnam un to nosakošā gēna pētīšanai, jo tas stabilizē kazeīna micellu un ietekmē piena pārstrādē iegūtās produkcijas iznākumu (Soria *et al.*, 2003). β -kazeīns pētījumos iegūvis

nozīmīgu vietu, jo tiek saistīts ar alerģiju izraisīšanu. Šai kazeīna frakcijai ir liela nozīme cilvēku veselībā (Clare and Swaisgood, 2000).

κ -kazeīna gēna bioloģiskā daudzveidība ir pētīta jau kopš 20. gadsimta sešdesmitajiem gadiem. Kopumā κ -kazeīna gēnam ir aprakstītas šādas alēles: A, B, C, E, F, G, H, I, J (Prinzenberg *et al.*, 1999). Visbiežāk sastopamās ir A un B alēles. Šie abi alēļu varianti savā starpā atšķiras ar aminoskābju sastāvu 136. un 148. pozīcijā. Pirmajā pozīcijā treonīns ir aizstāts ar izoleicīnu, bet otrajā pozīcijā asparagīnskābe ir aizstāta ar alanīnu. Šīs divas aminoskābju mutācijas atrodas pietiekami tuvu vairākām glikolizēšanās vietām, līdz ar to nosaka olbaltumvielu struktūru. Alēle B nosaka termālo rezistenci, īsāku koagulācijas laiku un labākas micellas, kas piemērotas siera ražošanai. Siera iznākums ir par 10% augstāks, izmantojot pienu, kurš iegūts no govīm ar BB genotipu, salīdzinājumā ar AA genotipu. Kappa kazeīna gēns ne tikai nosaka piena pārstrādes iznākumu, bet arī ietekmē piena izslaukumu un koproteīna saturu (Azevedo *et al.*, 2008). Tas skaidrojams ar to, ka mainās micellu diametrs. Govs pienā kazeīna micellu diametrs ir no 154 līdz 230 nm. Kā rāda zinātnieku pētījumi, tad govīm ar AA genotipu vidējais kazeīna micellu diametrs ir 201.2 ± 10.3 nm, govīm ar AB genotipu 186.0 ± 14.4 nm, bet govīm ar BB genotipu 173.0 ± 9.7 nm. Govīm ar mazāku micellu izmēru novēroja vairāk glikolizēto kappa kazeīnu (Bijl *et al.*, 2014). Kappa kazeīna gēns govīm atrodas 6. hromosomā (6q31). Šis gēns secīgi izvietots 5 eksonos un gēna garums ir aptuveni 13 kb (Alexander *et al.*, 1988).

Analizējot vairākus zinātniskus pētījumus, jāsecina, ka pasaulē vairāk tiek pētītas A un B alēles un to iespējamie genotipi, kā arī šo genotipu ietekme uz piena produktivitāti (Tabula). Pētījumos pierādīts, ka būtiski atšķiras gan izslaukums, gan tauku un olbaltumvielu saturus (Bovenhuis *et al.*, 1992; Hallén *et al.*, 2007; Jōudu *et al.*, 2007). Pētot dažādas šķirnes atklāts, ka augsta B alēles frekvence ir Džersijas šķirnes dzīvniekiem, līdz ar to šo šķirni iesaka audzēt tiem, kas vēlas no piena gatavot sieru (Lara *et al.*, 2002; Zepeda-Batista *et al.*, 2015). Holšteinas šķirnei biežāk sastopams AA un AB genotips, līdz ar to šo govju piens nav tik piemērots siera ražošanai (Tsiaras *et al.*, 2005; De Marchi *et al.*, 2008; Gurcan, 2011).

Tabula Table

Kappa kazeīna alēļu un genotipu frekvences
The frequencies of κ -casein alleles and genotypes

Autors (valsts) <i>The Author (country)</i>	Šķirne <i>Breed</i>	Alēles frekvence <i>The frequencies of allele</i>			Genotipa frekvence <i>The frequency of genotype</i>				
		A	B	E	AA	AB	BB	AE	EB
Bartonova <i>et al.</i> , 2012 (Čehija)	Simentāle (n=152)	0.55	0.42	0.03	0.30	0.49	0.16	0.02	0.03
Gouda <i>et al.</i> , 2013 (Ēģipte)	Baladi (n=150)	0.63	0.37	–	0.26	0.74	0.00	–	–
	Holšteinas (n=150)	0.62	0.38	–	0.24	0.76	0.00	–	–
Akyüz <i>et al.</i> , 2013 (Turcija)	Simentāle (n=150)	0.72	0.28	–	0.54	0.36	0.10	–	–
	Brūnā švice (n=50)	0.44	0.56	–	0.18	0.52	0.30	–	–
	Holšteinas (n=150)	0.82	0.18	–	0.70	0.25	0.05	–	–
Alipanah <i>et al.</i> , 2005 (Krievija)	Melni lāsumainā (n=72)	0.83	0.17	–	0.69	0.28	0.03	–	–
	Sarkanī lāsumainā (n=80)	0.69	0.31	–	0.44	0.50	0.06	–	–
Zlatarev <i>et al.</i> , 2008 (Bulgārija)	Bulgārijas Rhodopeanas (n=55)	0.62	0.38	–	0.38	0.51	0.11	–	–

Arī Baltijas valstīs tiek veikti pētījumi par κ -kazeīna genotipu. Analizējot 71 Latvijas zilās šķirnes govju κ -kazeīna genotipus, noskaidrots, ka AA genotipa frekvence bija 0.465, AB genotipa frekvence 0.437, bet BB genotipam 0.098 (Smiltiņa, Bāliņš, Grīslis, 2010). Arī Igaunijas zinātnieki ir analizējuši κ -kazeīna genotipus Igaunijā audzētām govīm. Lielāko daļu no govju populācijas veido Holšteinas šķirne (aptuveni 75%), nedaudz mazāk par 25% ir Igaunijas sarkanā, bet mazāk nekā 1% Igaunijas vietējās šķirnes dzīvnieki. Tika izpētīts, ka κ -kazeīna A alēles frekvence

Holšteinas šķirnei ir 0.87, B alēles frekvence ir 0.09, bet E alēles frekvence 0.04. Savukārt Igaunijas vietējās šķirnes govīm B alēles frekvence bija 0.24, bet Igaunijas sarkanās šķirnes govīm B alēles frekvence bija 0.36. Šis pētījums pierāda, ka, vadoties pēc attiecīgo alēļu frekvencēm, piemērotākas siera ražošanai būtu Igaunijas vietējā un Igaunijas sarkanā šķirne (Värv *et al.*, 2009).

Arī Lietuvas zinātnieki veikuši pētījumus par dažādu genotipu sastopamību savā govju populācijā. Analizējot kapa kazeīna genotipus, noskaidrots, ka Lietuvas pelēkajai šķirnei AA, AB, AE, BB un BE genotipu frekvences attiecīgi bija 0.49, 0.43, 0.03, 0.03 un 0.02. Savukārt Lietuvas sarkanās šķirnes govīm šo genotipu frekvences attiecīgi bija 0.55, 0.37, 0.03, 0.04 un 0.01 (Pečiulaitiene *et al.*, 2007).

β-laktoglobulīna gēna izpēte

β-laktoglobulīns ir viena no galvenajām sūkulu olbaltumvielu frakcijām. Šīs olbaltumvielas molekulas uzbūve nosaka tās piederību lipokalīnu grupai – olbaltumvielu grupai, kuras transportē nelielas hidrofobas molekulas. β-laktoglobulīns veidojas no 162 aminoskābju atlikumiem. Šīs olbaltumvielas spēja saistīt ligandus (komplekss jons vai molekula, kuras centrā ir saistīts metāls) tiek plaši pētīta jau ilgu laiku. Šīs olbaltumvielas funkcijas organismā ir ligandu saistīšana un transportēšana, enzīmu darbības nodrošināšana un pasīvas imunitātes veidošana jaundzimušajiem (Kontopidis *et al.*, 2004).

Govīm ar genotipu AA zinātnieki ir novērojuši īsāku koagulācijas laiku, bet siera recekļa stingrumu tas neietekmē. Zinātnieki ir novērojuši, ka ir piens, kuram koagulācija vispār nenotiek vai notiek ļoti vāji. Pārsvārā šāda situācija vērojama laktācijas beigu fāzē un Holšteinas šķirnes govīm. Veicot pētījumu par vaislinieka ietekmi uz piena koagulāciju, novērots, ka ir bulļi, kuru pēcnācēju pienam vairākumā gadījumu koagulācija nenotiek. Tas ļauj secināt, ka vaislinieka genotips ir ļoti būtisks, lai lielā teritorijā neizmantotu bioproduktu, kurš nes nevēlamu gēnu kombināciju (Ikonen *et al.*, 1999). β-laktoglobulīna genotipi ietekmē tauku, olbaltumvielu, kazeīna, saunas saturu pienā un siera iznākumu (Celik, 2003). Govīm ar AA genotipu ir novērots augstāks laktoglobulīna daudzums, mazāk kazeīna un mazāk tauku salīdzinājumā ar BB genotipu (Shetty *et al.*, 2006). Igaunijas zinātnieki atklājuši, ka Igaunijas sarkanajai un Igaunijas vietējai šķirnei 60.3% govju ir BB genotips, šī gēna heterozigotais stāvoklis novērots Igaunijas Holšteinas šķirnei (Värv *et al.*, 2009).

Lai arī piena olbaltumvielu nosakošo gēnu polimorfisms tiek pētīts jau aptuveni 50 gadus, joprojām tiek veikti dažādi pētījumi. Tiek analizēts, kādi genotipi nosaka paaugstinātu izslaukumu vai paaugstinātu piena olbaltumvielu un tauku saturu, kā arī kādi gēni nosaka piena struktūru veidošanos, kuras izraisa alerģiju cilvēkam vai netiek pilnvērtīgi izmantotas gremošanas traktā. Šo gēnu noteikšana ļauj uzlabot selekciju, kā arī radīt bioloģiski pilnvērtīgāku produktu (Alim *et al.*, 2014).

Secinājumi

k-kazeīns un β-laktoglobulīns ir svarīgas piena olbaltumvielas, kas ietekmē piena pārstrādes produktu iznākumu. Gan piena produktivitāte, gan piena olbaltumvielu sastāvs govīm ir ģenētiski noteikts. Lai varētu veikt precīzāku govju selekciju, nepieciešams noskaidrot dzīvniekiem genotipu pēc šiem gēniem. Latvijā būtu nepieciešams turpināt pētījumus par gēniem, kas nosaka piena kvalitāti un piemērotību piena pārstrādei. Sevišķi nozīmīgi ir noskaidrot Latvijas zilās un Latvijas brūnās šķirnes ģenētisko resursu govju genotipu frekvences pēc minētajiem gēniem.

Izmantotā literatūra

1. Akyüz B., Arslan K., Bayram D. *et al.* (2013). Allelic frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkey. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Kafkas*, Vol. 19, p. 439–444.
2. Alexander L. J., Stewart A. F., Mackinlay A. G. *et al.* (1988). Isolation and characterization of the bovine kappa-casein gene. *Eurpian Journal of Biochemistry*, Vol. 178, p. 395–401.
3. Alim M. A., Dong T., Xie Y. *et al.*, (2014). Effect of polymorphisms in the CSN3 (κ-casein) gene on milk production traits in Chinese Holstein Cattle. *Molecular Biology Reports*, Vol. 41, p. 7585–7593.

4. Alim M. A., Sun D., Zhang Y. *et al.* (2015). DNA Polymorphisms in the β -lactoglobulin and κ -casein Genes Associated with Milk Production Traits in Dairy Cattle. *BioResearch Communication*, Vol. 1, p. 82–86.
5. Alipanah M., Kalashnikova L., Rodionov G. (2005). Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds Black and Red Pied cattle. *Iranian Journal of Biotechnology*, Vol. 3., p. 191–194.
6. Azevedo A. L. S., Nascimento C. S., Steinberg R. S. *et al.* (2008). Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*, Vol. 7, p. 623–630.
7. Bartonova P., Vrtkova L., Kaplanova K. *et al.* (2012). Association between CSN3 and BCO2 gene polymorphisms and milk performance traits in the Czech Fleckvieh cattle breed. *Genetic and Molecular Research*, Vol. 11, p. 1058–1063.
8. Bijl E., de Vries R., van Valenberg H. *et al.* (2014.) Factors influencing casein micelle size in milk of individual cows: Genetic variants and glycosylation of k-casein. *International Dairy Journal*, Vol. 34, p. 135–141.
9. Boland M. J., Hill J. P., Creamer L. K. (1992). Genetic manipulation of milk proteins and its consequences for the dairy industry. *Australasian Biotechnology*, Vol. 2, p. 355–360.
10. Bovenhuis H., Van Arendonk J. A. M., Korver S. (1992). Associations between milk protein polymorphisms and milk production traits. *Journal of Dairy Science*, Vol. 75, p. 2549–2559.
11. Brka M., Hodžić A., Reinsch N. *et al.* (2010). Polymorphism of the kappa-casein gene in two Bosnian autochthonous cattle breeds. *Archiv Tierzucht*, Vol. 53, p. 277–282.
12. Celik S. (2003). Beta-lactoglobulin genetic variants in Brown Swiss breed and its association with compositional properties and rennet clotting time of milk. *International Dairy Journal*, Vol.13, p. 727–731.
13. Clare D. A., Swaisgood H. E. (2000). Bioactive Milk Peptides: A Prospectus. *Journal of Dairy Science*, Vol. 83, p. 1187–1195.
14. De Marchi M., Bittante G., Dal Zotto R. *et al.* (2008). Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss Breeds on Quality of Milk and Cheese. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91, p. 4092–4102.
15. Fiat A. M., Jollès P. (1989). Caseins of various origins and biologically active casein peptides and oligosaccharides: structural and physiological aspects. *Molecular and cellular biochemistry*, Vol. 48, p. 5–30.
16. Gouda E. M., Galal M. K., Abdelaziz S. A. (2013). Genetic variants and allele frequencies of kappa casein in Egyptian cattle and Buffalo using PCR-RFLP. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 5, p. 197–203.
17. Gurcan E. K. (2011). Association between milk protein polymorphism and milk production traits in Black and White dairy cattle in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10, p. 1044–1048.
18. Hallén E., Allmere T., Näslund J. *et al.* (2007). Effect of genetic polymorphism of milk proteins on rheology of chymosin-induced milk gels. *International Dairy Journal*, Vol. 17, p. 791–799.
19. Hambræus, L. (1994). Milk composition in animals and humans. Nutritional aspects. **In:** *1st world congress Dairy products in human health and nutrition*, Madrid, Spain, 7–10 June, 1993, p. 13–23.
20. Hamza A. E., Wang X. L., Yang Z. P. (2010). Kappa casein gene polymorphism in Holstein Chinese cattle. *Pakistan Veterinary Journal*, Vol 30, p. 203–206.
21. Ikonen T., Ahlfors K., Kempe R. *et al.* (1999). Genetic parameters for the milk coagulation properties and prevalence of noncoagulating milk in Finnish dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 82, p. 205–214.
22. Jõudu I., Henno M., Värvi S. *et al.* (2007) Milk protein genotypes and milk coagulation properties of Estonian native cattle. *Agricultural and food science*, Vol. 16, p. 222–231.
23. Kontopidis G., Holt C., Sawyer L. (2004). Invited Review: β -lactoglobulin: binding properties, structure, and function. *Journal of Dairy Science*, Vol. 87, p. 785–796.
24. Lara M. A. C., Gama L. T., Bufarah G. *et al.* (2002). Genetic polymorphisms at the k-casein locus in Pantaneiro cattle. *Archivos de Zootecnia*, Vol. 51, p. 99–105.

25. Malacarne M., Martuzzi F., Summer A. *et al.* (2002). Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk: review. *International Dairy Journal*, Vol. 12, p. 869–877.
26. Mir N. S., Ullah O., Sheikh R. (2014). Genetic polymorphism of milk protein variants and their association studies with milk yield in Sahiwal cattle. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 13, p. 555–565.
27. Mitra A., Schlee P., Krause I. *et al.* (1998). Kappa-casein polymorphisms in Indian dairy cattle and buffalo: A new genetic variant in buffalo. *Animal Biotechnology*, Vol. 9, p. 81–87.
28. Ng-Kwai-Hang K. F., Hayes J. F., Moxley J. E. *et al.* (1982). Environmental Influences on Protein Content and Composition of Bovine Milk. *Journal of Dairy Science*, Vol. 65, p. 1993–1998.
29. Olesen I., Groen A. F., Gjerde B. (2000). Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *Journal of Animal Science*, Vol. 78, p. 570–582.
30. Patel R. K., Hauhan J. B., Singh K. M. *et al.* (2007). Allelic Frequency of Kappa-Casein and Beta-Lactoglobulin in Indian Crossbred (*Bos Taurus* × *Bos indicus*) Dairy Bulls. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, Vol. 31, p. 399–402.
31. Pečiulaitiene N., Miseikiene R., Baltrenaite L. *et al.* (2007). Genetic differences among native and modern cattle breeds in Lithuania based on milk protein loci polymorphism. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, Vol. 10, p. 35–41.
32. Prinzenberg E. M., Krause I., Erhardt G. (1990). SSCP analysis at the bovine CSN3 locus discriminates six alleles corresponding to known protein variants (A, B, C, E, F, G) and three new DNA polymorphisms (H, I, A1). *Animal Biotechnology*, Vol. 10, p. 49–62.
33. Rauw W. M., Kanis E., Noordhuizen-Stassen E. N. *et al.* (1998). Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science*, Vol. 56, p. 15–33.
34. Shetty S., Patel R. K., Soni K. J. *et al.* (2006). Allelic frequency of κ-casein and β-lactoglobulin in Jersey cattle. *Indian Journal of Veterinary Research*, Vol. 15, p. 15–21.
35. Smiltiņa D., Bāliņš A., Grīslis Z. (2010). Study of the milk protein genetic characterization in Latvian dairy cattle breeds populations. *In: Proceeding of International scientific conference Animals. Health. Food Hygiene*, Jelgava, Latvia, October 29, 2010, p. 125–129.
36. Soria, L. A., Iglesias G. M., Huguet M. U. *et al.* (2003). A PCR-RFLP test to detect allelic variants of the bovine kappa-casein gene. *Animal Biotechnology*, Vol. 14, p. 1–5.
37. Tsiaras A. M., Bargouli G. G., Banos G. *et al.* (2005). Effect of Kappa-Casein and Beta-Lactoglobulin Loci on Milk Production Traits and Reproductive Performance of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 88, p. 327–334.
38. Vārv S., Belousova A., Sild E. *et al.* (2009). Genetic diversity in milk proteins among Estonian dairy cattle. *Veterinarija ir Zootehnika*, Vol. 48, p. 93–98.
39. Zepeda-Batista J. L., Alarcón-Zúñiga B., Ruíz-Flores A. *et al.* (2015). Polymorphism of three milk protein genes in Mexican Jersey cattle. *Electronic Journal of Biotechnology*. [Tiešsaiste] [skat. 2015. g. 12. decembrī]. Pieejams: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-34582015000100001&script=sci_arttext&tlng=e#t1
40. Zlatarev S., Hristov, P., Teofanova D. *et al.* (2008). Impact of genetic polymorphism of kappa-casein and beta-lactoglobulin loci on milk production traits in cows of the Bulgarian Rhodopean cattle. *Comptes rendus de l'Acad emie bulgare des Sciences*, Vol. 61, p. 1577–1582.