

POVEZANOST GENETSKIH VARIJANTI PROTEINA MLIJEKA S PROIZVODNIM I KVALITATIVNIM KARAKTERISTIKAMA KRAVLJEG MLIJEKA

Admir Dokso¹ Ervin Zečević¹, Alma Rustempasić¹, Muhamed Brka¹

Pregledni članak - *Review paper*

UVOD

Dugogodišnja selekcija domaćih životinja kontinuirano je posezala za dostupnim saznanjima i metodama u cilju postizanja zadanih uzgojnih ciljeva. Premda su uzgojni ciljevi u govedarskoj proizvodnji objektivno uobličeni tek polovicom XX vijeka, uzgajivači su a osnovu raspoloživih parametara usmjeravali uzgoj u željenom pravcu. Uvođenjem metoda objektivne kontrole proizvodnih odlika mliječnih životinja te sistema vođenja rodoslovnih informacija stekli su se osnovni preduslovi za intenzifikaciju uzgojnog rada. Selekcija domaćih životinja se tokom XX vijeka dominantno temeljila na metodama kvantitativne genetike, pri čemu je varijanta fenotipskih obilježja predstavljala temelj selekcijskog napretka (Ivanković, 2005). Uočavanje polimorfizma proteina krvi i mlijeka potaklo je naučni interes javnosti o interakciji polimorfni varijanti proteina s gospodarski važnim fenotipskim odlikama radi njihova uključivanja u uzgojne procese. Brzi razvoj analitičkih (elektroforetskih) metoda determinacije polimorfizma proteina u mlijeku potakao je uključivanje genotipa nekih bikova u sheme provedbe uzgojnih programa.

Novi zamah uzgojnom radu u populacijama mliječnih pasmina goveda iniciran je brzim razvojem analitičkih metoda molekularne genetike. Otkriće enzima termostabilne polimeraze bilo je ključno za razvoj metoda reakcije lančane polimerizacije (*engl.* Polymerase Chain Reaction) kojima je omogućeno značajno umnažanje interesantnih sekvenci DNA, njihova vizualizacija i determinacija. Molekularna genetika omogućila je neposrednu ili posrednu detekciju željenih alelnih varijanti roditelja i potomaka, na temelju čega je postalo moguće direktno odabirati grla za rasplod i korištenje, bez utjecaja spola, dobi, zdravlja, reproduktivnog statusa i okolišnih faktora na konačnu odluku (Ivanković, 2005). Zapaženo je da je dio identificiranih genetskih markera direktno ili indirektno odgovoran za iskazivanje proizvodno interesantnih učinaka, kvalitativne ili kvantitativne prirode. Polimorfizam dijela genetskih markera predstavlja neposredne funkcionalne mutacije, a za znatan dio genetskih markera uočena je indirektna funkcionalna veza preko genskih regija koje iskazuju kvantitativne učinke na proizvodne odlike (Matulić i sar., 2009). Slijedom dostignuća na području molekularne genetike i brojnosti raspoloživih genetskih markera, minulih godina genomska selekcija postaje redovita sastavnica uzgojnih programa. Lundén (2005)

¹ Poljoprivredno prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zmaja od Bosne 8, Sarajevo
Corresponding author: a.dokso@ppf.unsa.ba

ukazuje da vjerojatno razmjerno mali broj gena kontrolira kvalitativne osobitosti mlijeka. Raspoložujući s dovoljno saznanja o mehanizmima i biološkim putevima kontrole značajnih kvalitativnih osobina mlijeka, moguće je učinkovito uvoditi kandidat gene u populacije goveda, djelujući direktno na proizvodne osobitosti mliječnih goveda. Premda je polimorfizam proteina mlijeka otkriven gotovo prije pola vijeka, evidentan je stalan interes nauke i gospodarstva za potvrđivanje ranijih ili utvrđivanja novih saznanja o interakciji polimorfni oblika proteina s kvalitativnim i preradbenim odlikama mlijeka. Determinacija polimorfizma proteina na DNA razini omogućuje neposrednu genotipizaciju bikova te olakšava provedbu uzgojnog rada.

METODE DETERMINACIJE POLIMORFIZAMA PROTEINA MLIJEKA

Polimorfizam proteina mlijeka zapažen je sredinom XX vijeka, od kada se razvijaju i tehnike njihove determinacije. Primjena elektroforeze u cilju determinacije molekula prvi puta se spominje 1937. godine kada je švedski biohemičar Arne Tiselius razvio metodu razdvajanja smjese proteina na poroznom nosaču pod djelovanjem električnog polja. Elektroforeza je analitička tehnika koja se temelji na mobilnosti koloidnih iona uslijed djelovanja električnog polja a brzina kretanja ovisi o jakosti električnog polja te naboju, obliku i veličini čestica koje se kreću u električnom polju. Aschaffenburg i Drewry (1955) su prvi ustanovili polimorfne varijante β -laktoglobulina koristeći elektroforezu na papirnom nosaču u barbiton puferu (pH 8,0) uz napon od 230 V i trajanje od 16 sati. Thompson i sar., (1962) za determinaciju polimorfni varijanti proteina su prvi upotrijebili škrobni gel s ureom pri pH od 8,6, tačnije pri detekciji polimorfizama α_{S1} -kazeinskih varijanti, a dvije godine kasnije bilježi se upotreba poliakrilamidnih gelova (Aschaffenburg, 1964; Thompson i sar., 1964). Aschaffenburg (1965) potom koristi i agarozni gel za determinaciju β -laktoglobulina. Aktuelne elektroforetske tehnike kao nosače najčešće koriste agarozne i poliakrilamidne gelove. Razvoj elektroforetskih tehnika značajno je pomogao u istraživanju polimorfizma proteina mlijeka i iznalaženju interakcija s kvantitativnim i kvalitativnim odlikama mlijeka.

POLIMORFIZAM PROTEINA MLIJEKA

Prosječni udio proteina u kravljem mlijeku je od 3,2 do 3,4% od čega ih oko 80% pripada grupi kazeinskih proteina netopljivih u vodi, a oko 20% pripada grupi proteina sirutke. U proteine mlijeka iz grupe kazeina ubrajamo α_{S1} -kazein (α_{S1} -CN), α_{S2} -kazein (α_{S2} -CN), β -kazein (β -CN) i κ -kazein (κ -CN). Proteini sirutke su u vodi topljiva frakcija, a čine ih više različitih proteina među kojima su najvažnije α -laktalbumin i β -laktoglobulin (Eigel i sar., 1984). Istraživanja genetskih varijanti proteina kravljeg mlijeka provode se od sredine XX vijeka, od otkrića dvaju polimorfni varijanti β -laktoglobulina (Aschaffenburg i Drewry, 1955). Premda od tada istraživanja polimorfizma i interakcije proteina u mlijeka traju kontinuirano, još uvijek postoje sumnje o ranije uočenim utjecajima povezanosti polimorfni oblika s laktacijskim

odlikama mliječnih krava, odlikama fitnesa te kvalitativnim i higijenskim karakteristikama mlijeka. Tokom dva zadnja desetljeća razvojem molekularne genetike postalo je moguće determinirati polimorfizam proteina neposredno na kodogenoj DNA sekvenci bez obzira na dob i spol, čime je omogućen brži uzgojni napredak i jednostavnija integracija u uzgojne programe.

Šest strukturalnih gena kodiraju većinu proteina u kravljem mlijeku. Četiri kazeinska proteina u mlijeku kodirani su s četiri neposredno pozicionirana gena na odsječku genomske DNA veličine 250 kb (Feretti i sar., 1990; Threadgill i Womack, 1990). Sekvence DNA odgovorne za kodiranje kazeina u kravljem mlijeku mapirani su na hromosomu VI (Threadgill i Womack, 1990; Hayes i Petit, 1993;), dok su kodogene DNA sekvence odgovorne za kodiranje α - i β -laktoglobulina pozicionirane na hromosomu V i hromosomu XI (Hayes i Petit, 1993). Na navedenih šest glavnih gena koji kodiraju proteine kravljeg mlijeka zapaženi su autosomalni i koodominantni aleli koji kodiraju različite polimorfne varijante proteina. Farrell i sar., (2004) opisuju devet polimorfni varijanti α_{S1} -kazeina (A, B, C, D, E, F, G, H, I), četiri polimorfne varijante α_{S2} -kazeina (A, B, C, D), dvanaest varijanti β -kazeina (A₁, A₂, A₃, B, C, D, E, F, G, H₁, H₂, I), jedanaest varijanti κ -kazeina (A, B, C, E, F₁, F₂, G₁, G₂, H, I, J), jedanaest varijanti β -laktoglobulina (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, W) te tri varijante α -laktalbumina (A, B, C).

Dosadašnja istraživanja povezanosti polimorfizama proteina u mlijeku različitih pasmina goveda s kvantitativnim i kvalitativnim odlikama kravljeg mlijeka ukazuju na poligeni karakter genetske komponente odnosno da više gena kontrolira fenotipsku varijansu svojstava mliječnosti. Okolina (nastamba, uslovi držanja, kvaliteta ishane) također može značajno utjecati na ispoljavanje fenotipa te u određenim situacijama prikriti utjecaj određenih gena na odlike mliječnosti i kvalitete mlijeka.

POLIMORFIZAM β -LAKTOGLOBULINA

Od sirutkinih proteina mlijeka od osobite važnosti je β -laktoglobulin čiji su polimorfizam prvi uočili Aschaffenburg i Drewry (1955). Zapazili su dvije polimorfne alelne varijante β -laktoglobulina (A i B), no tokom daljnjih istraživanja uočene su i druge polimorfne, uglavnom rijeđe genetske varijante (C, D, E, F, G, H, I, J, W) (Formaggioni i sar., 1999; Farrell i sar., 2004). Razlika između polimorfni A i B varijanti β -laktoglobulina je u supstituciji dvije amino kiseline u aminokiselinskom lancu proteina. Medrano i Aguilar-Cordova (1990) navode da se na 64. i 118. amino kiselinskim pozicijama polimorfne A varijante β -laktoglobulina nalazi asparagin odnosno valin dok su kod polimorfne B varijante β -laktoglobulina na navedenim pozicijama aminokiselinskog lanca glicin i alanin. Gen odgovoran za kodiranje β -laktoglobulina kod *Bos taurus*-a nalazi se na jedanaestom hromozomu.

Tabela 1. Prikaz mutacije na kodogenoj regiji i posljedične zamjene na aminokiselinskom lancu polimorfnih A i B varijanti β -laktoglobulina

Table 1. Review of mutations in the codogenic region and consequent substitutions on the amino acid chain of polymorphic A and B variants of LGB gene

Pozicije AK u lancu proteina	63	64	65	117	118
β -laktoglobulina					
Slijed nukleotida u genu		GAT			GTC
A	Asn	Asp	Glu	Leu	Val
B	Asn	Gly	Glu	Leu	Ala
Slijed nukleotida u genu		GGT			GCC

Istraživanjem polimorfizma β -laktoglobulina uočena je različita distribucija polimorfnih A i B varijanti unutar populacija goveda (Tabela 2.). U većini populacija Holstein goveda dominira alelna B varijanta β -laktoglobulina (Aleandri i sar., 1990; Ng-Kwai-Hang i sar., 1990; Sabour i sar., 1993; Caroli i sar., 2004), dok neki autori zapažaju i veću frekvenciju alelna A varijante β -laktoglobulina (Tsiaras i sar., 2005; Molina i sar., 2006). U populaciji simentalca ujednačena je distribucija alelnih varijanti, uz neznatno veću zastupljenost alelna A varijante β -laktoglobulina (Caput i sar., 1992; Lukač-Havranek i sar., 1992; Kučerova i sar., 2006). U populacijama smeđeg goveda dominira alelna B varijanta β -laktoglobulina (Swaisgood, 1992; Kim, 1994; Braunschweig i sar., 2000; Caroli i sar., 2004;).

Tabela 2. Prikaz frekvencija genotipova i alela A i B polimorfnih varijanti β -laktoglobulina nekih pasmina goveda

Table 2. Genotype and allele frequencies of LGB gene of some cattle breeds

Pasmina	Frekvencija genotipova			Frekvencija alela		Literaturni izvor
	AA	AB	BB	A	B	
Holstein	24,8	47,1	24,5	50,2	49,8	Tsiaras i sar., 2005.
Holstein	24,0	42,0	34,0	45,0	55,0	Sabour i sar., 1993.
Holstein	17,1	47,7	35,1	40,9	59,1	Aleandri i sar., 1990.
Holstein	30,0	70,0	-	65,0	35,0	Molina i sar., 2006.
Holstein	10,7	49,3	40,0	35,0	65,0	Ng-Kwai-Hang i sar., 1990.
Holstein	-	-	-	43,6	56,4	Caroli i sar., 2004.
Holstein	13,2	59,5	27,3	-	-	Dokso i sar., 2014.
Ayrshire	17,0	49,0	34,0	41,0	59,0	Sabour i sar., 1993.
Jersey	45,0	45,0	10,0	68,0	32,0	Sabour i sar., 1993.
Ayrshire	7,8	41,3	50,9	28,5	71,5	Ikonen i sar., 1999.
Regiana	-	-	-	55,8	44,2	Caroli i sar., 2004.
Smeđe govedo	15,9	57,9	26,2	-	-	Dokso i sar., 2014.

Smeđe govedo	-	-	-	34,7	65,3	Caroli i sar., 2004.
Smeđe govedo	12,1	40,5	47,3	32,4	67,6	Braunschweig i sar., 2000.
Smeđe govedo	-	-	-	33,0	67,0	Swaisgood, 1992.
Smeđe govedo	-	-	-	41,7	58,3	Kim, 1994.
Simentalac	-	-	-	57,0	43,0	Lukač-Havranek i sar., 1992.
Simentalac	-	-	-	47,0	52,0	Laloux i Erhardt, 1990.
Simentalac	26,2	49,8	24,0	51,1	48,9	Kučerova i sar., 2006.
Simentalac	-	-	-	55,0	45,0	Caput i sar., 1992.
Simentalac	8,7	67,0	24,3	-	-	Dokso i sar., 2014.

POLIMORFIZAM α_{SI} - KAZEINA

Polimorfizam α_{SI} -kazeina (α_{SI} -CN) prvi su zapazili Thompson i sar., (1962) dokazavši postojanje dvaju polimorfni alenih varijanti (A i B). Gen odgovoran za kodiranje α_{SI} -kazeina pozicioniran je na šestom hromozomu genoma *Bos taurus*-a uslovljavajući pojavnost osam genetskih varijanti α_{SI} -kazeina (Farrell i sar., 2004).

Razlika između polimorfni alenih varijanti α_{SI} -kazeina ogleda se supstitucijama amino kiselina uzrokovanih tačkastim mutacijama odgovornih strukturnih gena. Iznimka od navednog je alelna A varijanta α_{SI} -kazeina koju karakterizira delecija slijeda od 13 aminokiselina uslijed hromosomske mutacije (delecije kraćeg nukleotidnog slijeda). Razlika između alenih B i C varijanti α_{SI} -kazeina ogleda se u jednoj aminokislini, jer polimorfna B varijanta α_{SI} -kazeina na 192 aminokiselinskoj poziciji slijeda ima glutaminsku kiselinu, dok je kod alelna C varijante α_{SI} -kazeina na istoj amino kiselinskoj poziciji glicin (Thompson i sar., 1962). Koczan i sar., (1993) navode da je za ovu aminokiselinsku zamjenu odgovorna mutacija na 1956 nukleotidnoj poziciji α_{SI} -kazeina gena (Tabela 3.).

Tabela 3. Prikaz mutacije na kodogenoj regiji i posljedične zamjene na aminokiselinskom lancu A i B varijanti α_{SI} -kazeina

Table 3. Review of mutations in the codogenic region and consequent substitutions on the amino acid chain of polymorphic A and B variants of α_{SI} -CN gene

Pozicije AK u lancu proteina α_{SI} -kazeina	190	191	192	193	194
Slijed nukleotida u genu	GAA				
B	Asn	Ser	Glu	Lys	Thr

C	Asn	Ser	Gly	Lys	Thr
Slijed nukleotida u genu			GGA		

Dominantno najzastupljenija alelna varijanta α_{S1} -kazeina kod goveda je alelna B varijanta, koju su prvi puta opisali Thompson i sar., (1962). Prisutna je u svim pasminama goveda u izrazito visokoj frekvenciji (Formaggioni i sar., 1999; Boettcher i sar., 2004). Kod evropskih pasmina goveda u najvećoj frekvenciji javljaju se alelne B i C varijante α_{S1} -kazeina (Lukač-Havranek i sar., 1992a). Frekvencije alelnih B i C varijanti α_{S1} -kazeina u populaciji njemačkog Holsteina su 0,74 odnosno 0,19. U populaciji švedskog Holsteina zapažena je veća učestalost polimorfne alelna C varijante α_{S1} -kazeina, s frekvencijom 0,145 (Lundén i sar., 1997), kao i kod pasmina Jersey, Guernsey, Normande, smeđe govedo, Regiana i Mondese u frekvenciji od 0,15 do 0,25 (Formaggioni i sar., 1999). Udio alelna B varijante α_{S1} -kazeina u populaciji simentalca u Hrvatskoj iznosila je 0,96 (Lukač-Havranek i sar., 1992), odnosno 0,99 (Caput i sar., 1992). Laloux i Erhardt (1990) navode da je dominantna frekvencija alelna B varijante α_{S1} -kazeina u populaciji njemačkog simentalca u frekvenciji od 0,90, što uočavaju Putz i sar., (1991). Prinzenberg i sar., (2005) uočili su frekvencije alelnih B i C varijanti α_{S1} -kazeina u populaciji njemačkog simentalca od 0,67 odnosno 0,16. Kučerova i sar., (2006) u populaciji češkog simentalca uočavaju frekvenciju alelnih B i C varijanti α_{S1} -kazeina u visini 0,89 odnosno 0,11. Caroli i sar., (2008) istraživanjem alelnih varijanti α_{S1} -kazeina uočavaju u populaciji Carora pasmine učestalost B varijante u frekvenciji 0,80, dok je frekvencija C, G i I alelnih varijanti bila znatno manja (0,08; 0,10; 0,02). Bâlteanu i sar., (2007) u populaciji sivog stepskog goveda nalaze alelnu B varijantu α_{S1} -kazeina u frekvenciji od 0,77 a alelnu C varijantu u frekvenciju od 0,19. Eigel i sar., (1984) navode da je u populacijama *Bos indicusa* i *Bos grunniensa* alelna C varijanta α_{S1} -kazeina značajno zastupljena (0,90; 0,63). Alelne A i D varijante α_{S1} -kazeina uočene su u populacijama Holsteina i Flamand goveda (Thompson i sar., 1962; Grosclaude i sar., 1966), polimorfni E oblik α_{S1} -kazeina kod *Bos grunniens* (Grosclaude i sar., 1976) a alelne F, G i H varijante α_{S1} -kazeina zapažene su u populacijama njemačkog Holsteina (Erhardt, 1993), talijanskog smeđeg goveda (Mariani i sar., 1993) i Kuri pasmine u Čadu (Mahé i sar., 1999).

POLIMORFIZAM κ -KAZEINA

Polimorfizam κ -kazeina (κ -CN) prvi spominju Neelin (1964), Schmidt (1964) i Woychik (1964). Elektroforetski su κ -kazein razdvojili na dvije genetske alelne varijante, A i B. Formaggioni i sar., (1999) ukazali su da od poznatih alelnih varijanti κ -kazeina u goveda najčešći su A i B polimorfni oblici κ -kazeina, premda u nekim pasminama goveda (Ayrshire) uočena je značajnija zastupljenost polimorfne E varijante κ -kazeina s frekvencijama od 0,31 (Ikonen i sar., 1999) odnosno 0,22 (Lundén i Forselles, 2000).

Razlika između alelna A i B varijante κ -kazeina je u slijedu aminokiselinskog lanca na 136. i 148. poziciji proteina. Polimorfna A varijanta κ -kazeina na 136. i 148. poziciji sadržava treonin i asparagin, dok se na istim pozicijama u alelna B varijante κ -kazeina nalazi izoleucin i alanin (Tabela 4.).

Tabela 4. Prikaz mutacije na kodogenoj regiji i posljedične zamjene na aminokiselinskom lancu A i B varijanti κ -kazeina

Tabele 4. Review of mutations in the codogenic region and consequent substitutions on the amino acid chain of polymorphic A and B variants of κ -CN gene

Pozicije AK u lancu proteina κ -kazeina	135	136	137	138...	147	148
Slijed nukleotida u genu		ACC				GAT
B	Thr	Thr	Glu	Ala...	Glu	Asp
C	Thr	Ile	Glu	Ala ..	Leu	Ala
Slijed nukleotida u genu		ATC				GCT

Istraživanjem polimorfizma κ -kazeina uočena je različitost frekvencija alelnih A i B varijanti unutar populacija odnosno pasmina goveda (Tabela 5.). U većini populacija Holstein goveda dominira alelna A varijanta κ -kazeina (Lin i sar., 1989; Ng-Kwai-Hang i sar., 1991; Van Eenennaam i Medrano, 1991; Sabour i sar., 1993; Tsiaras i sar., 2005), dok manji broj autora zapaža ujednačenu raspodjelu frekvencija alelnih A i B varijanti κ -kazeina (Sitkowska i sar., 2009; Doosti i sar., 2011). U populaciji simentalca dominira alelna A varijanta κ -kazeina (Erhardt, 1989; Lukač-Havranek i sar., 1992; Caput i sar., 1992; Konovalova i sar., 2004). U populacijama smeđeg goveda dominira alelna B varijanta κ -kazeina (Caroli i sar., 2004; Dogru i Ozdemir, 2009).

Tabela 5. Prikaz frekvencija genotipova i alela A i B polimorfnih varijanti κ -kazeina nekih pasmina goveda

Table 5. Genotype and allele frequencies of κ -CN gene of some cattle breeds

Pasma	Frekvencija genotipova			Frekvencija alela		Literaturni izvor
	AA	AB	BB	A	B	
Holstein	62,9	27,1	10,0	-	-	Dokso i sar., 2014.
Holstein	89,0	11,0	-	88,5	11,5	Tsiaras i sar., 2005.
Holstein	75,0	23,0	2,0	86,5	13,5	Sabour i sar., 1993.
Holstein	60,1	37,2	2,7	73,5	26,5	Ng-Kwai-Hang i sar., 1991.
Holstein	22,6	50,3	27,1	48,0	52,0	Sitkowska i sar., 2009.
Holstein	28,0	22,0	49,8	53,0	47,0	Doosti i sar., 2011.

Holstein	-	-	-	82,0	18,0	Van Eenennaam i Medrano, 1991.
Holstein	40,3	57,0	2,7	68,8	31,2	Lin i sar., 1989.
Simentalac	41,6	49,2	9,2	-	-	Dokso i sar., 2014.
Simentalac	62,8	29,2	7,96	77,4	22,6	Konovalova i sar., 2004.
Simentalac	-	-	-	76,0	22,0	Erhardt, 1989.
Simentalac	-	-	-	62,0	32,0	Lukač-Havranek i sar., 1992.
Simentalac				66,0	26,0	Caput i sar., 1992.
Smeđe govedo	39,2	44,9	15,9	-	-	Dokso i sar., 2014.
Smeđe govedo	19,3	20,4	60,2	49,0	51,0	Dogru i Ozdemir, 2009.
Smeđe govedo	-	-	-	34,7	65,3	Caroli i sar., 2004.
Jersey	-	0,15	0,85	15,0	92,0	Sabour i sar., 1993.
Ayrshire	58,0	39,0	3,0	78,0	22,0	Sabour i sar., 1993.
Gatačko govedo	30,8	53,8	15,4	52,0	48,0	Brka i sar., 2010.
Nelore	82,4	17,6	-	91,1	8,9	Biase i sar., 2005.
Nelore	86,6	12,2	1,2	92,0	8,0	Faria i sar., 1999.
Hereford	59,3	27,1	13,6	72,9	27,1	
Limousin	20,0	30,0	50,0	35,0	65,0	Litwinczuk i Krol, 2002.

UTJECAJ POLIMORFIZMA β -LAKTOGLOBULINA NA ODLIKE MLIJEČNOSTI I HEMIJSKOG SASTAVA MLIJEKA

Postoje brojne studije o utjecaju alelnih A i B polimorfni varijanti β -laktoglobulina na prinos i sastav kravljeg mlijeka te njegova svojstva u preradi (iskoristivost mlijeka). Većina ranijih istraživanja ukazuje da je BB genotip β -laktoglobulina značajno vezan s većim udjelom mliječne masti (Ng-Kwai-Hang i sar., 1984; Ng-Kwai-Hang i sar., 1986; Aleandri i sar., 1990), kazeina (Ng-Kwai-Hang i sar., 1986) i ukupne suhe materije (McLean i sar., 1984), dok je zapažena vezanost AA genotipa β -laktoglobulina s većim udjelom proteina u mlijeku (Ng-Kwai-Hang i sar., 1984).

Neka istraživanja (Aaltonen i Antila, 1987; Pagnacco i Caroli, 1987; Kučerova i sar., 2006) nisu utvrdila povezanost polimorfni varijanti β -laktoglobulina s kvalitativnim odlikama mlijeka. Braunschweig i sar., (2000) navode da BB genotip β -laktoglobulina ima pozitivan utjecaj na frakciju kazeinskih proteina i negativan učinak na proteine sirutke u odnosu na AA genotip. Uočili su da AB genotip β -laktoglobulina ima umjeren utjecaj na izraženost navedenih svojstava. Tsiaras i sar., (2005) istražujući povezanost alelnih varijanti β -laktoglobulina u Holstein pasmine zaključuju da AB genotip pozitivno utječe na prinos mlijeka i udio proteina u mlijeku, dok je BB genotip ostvario pozitivan učinak na sadržaj mliječne masti. U istraživanjima koagulacijskih svojstava mlijeka Holstein pasmine ustanovljeno

je da mlijeko krava AB genotipa ima značajno bolja koagulacijska svojstva nego mlijeko jedinki AA genotipa (Molina i sar., 2006).

Sitkowska i sar., (2009) istražujući utjecaj polimorfizma β -laktoglobulina u Holstein populaciji zaključuju da najveći prinos mlijeka imaju krave AA genotipa dok krave BB genotipa proizvode mlijeko s većim udjelom mliječne masti i proteina u mlijeku. Karimi i sar., (2009) zaključuju da krave AB genotipa β -laktoglobulina ostvaruju veći prinos mlijeka i proizvode mlijeko s većim udjelom proteina u mlijeku, dok krave BB genotipa proizvode mlijeko s većim udjelom mliječne masti.

Balcan i sar., (2007) također su uočili da krave BB genotipa β -laktoglobulina proizvode mlijeko s većim udjelom mliječne masti i proteina u mlijeku te je takvo mlijeko bolje iskoristivo u procesu proizvodnje sira, dok mlijeko jedinki AA genotipa ima manji udio mliječne masti te ostvaruje manji prinos sirne mase. Također, Strzalkowska i sar., (2002) kao i Kaminski, (2004) zapažaju da je prinos sira značajno veći iz mlijeka jedinki koje imaju BB genotip β -laktoglobulina u donosu na mlijeko jedinki AA genotipa.

UTJECAJ POLIMORFIZMA α_{S1} -KAZEINA NA ODLIKE MLIJEČNOSTI I HEMIJSKOG SASTAVA MLIJEKA

Provedene su brojne studije o povezanosti polimorfni oblika α_{S1} -kazeina s kvalitativnim i kvantitativnim odlikama kravljeg mlijeka. Lien i sar., (1995) uočili su u populaciji norveškog crvenog goveda da C alelna varijanta α_{S1} -kazeina značajno utječe na veći prinos mlijeka i proteina u mlijeku. Van Eenennaam i Medrano (1991) su zapazili su veći prinos mlijeka i povoljniji udio proteina u mlijeku kod krava koje imaju CC genotip α_{S1} -kazeina, nasuprot krava koje imaju genotipove BC i BB. Havliček (1996) je u populaciji češkog simentalca zapazio povoljan utjecaj BC genotipa na prinos mlijeka, udio mliječne masti i proteina u mlijeku. Kučerova i sar., (2006) utvrdili su kod simentalke pasmine pozitivnu vezu genotipa CC s prinosom mlijeka. Ikonen i sar., (2001) su u populaciji finskog Ayrshire zapazili povezanost varijante B α_{S1} -kazeina s većim udjelom proteina u mlijeku i mliječne masti, što su također Boettcher i sar., (2004) zapazili u populacijama talijanskog Holsteina i smeđeg goveda, no uz negativan učinak na prinos mlijeka.

Nuyts-Petit i sar., (1997) su utvrdili da su sirevi od mlijeka s varijantom B α_{S1} -kazeina na kraju četrdesetpetodnevnog zrenja tvrđi, manje elastični i više lomljivi nego sirevi proizvedeni od mlijeka s varijantom C α_{S1} -kazeina.

UTJECAJ POLIMORFIZMA κ -KAZEINA NA ODLIKE MLIJEČNOSTI I HEMIJSKOG SASTAVA MLIJEKA

Brojna provedena istraživanja uočavaju spregu polimorfizma κ -kazeinskih proteina mlijeka sa sastavom mlijeka (McLean, 1987) i laktacijskim odlikama (Lin i sar., 1986). Mlijeko krava koje imaju polimorfnu B varijantu κ -kazeina pokazuje bolja reološka svojstva nego mlijeko krava s A alelnom varijantom (Rahali i Ménard,

1991). Općenito alelna B varijanta κ -kazeina je prepoznata kao superiorna varijanta glede kvalitete mlijeka europskih pasmina goveda. Na-Kwai-Hang i sar., (2002) navode da je mlijeko s alelnom B varijantom κ -kazeina povezano s boljim koagulacijskim svojstvima, kraćim vremenom koagulacije te većim prinosom i boljom konzistencijom i kvalitetom sira. Alel B ima učinak na skraćenje vremena koagulacije (AA>AB>BB) od 10 do 30 % (Czerniawska i Kamieniecki, 2004). Pozitivan učinak alelna B varijante κ -kazeina također se odnosi i na kazeinski broj (Londes i sar., 1996). Kazeinski broj pokazatelj je pogodnosti uporabe sirovog mlijeka kao sirovine za proizvodnju sira (Verdier-Metz i sar., 2001). Polimorfna B varijanta κ -kazeina također je povezana s kraćim vremenom sirenja mlijeka (Lundén i sar., 1997). Kūbarsepp i sar., (2005) zapažaju povoljan učinak BB genotipa κ -kazeina na odlike bitne u proizvodnji sira (kraće vrijeme sirenja, bolja konzistencija sirutke). Pozitivan učinak alelna B varijante κ -kazeina na sadržaj proteina u mlijeku zapazili su brojni autori (Na-Kwai-Hang, 1998; Ikonen i sar., 1999; Chrenek i sar., 2003; Miceikiene i sar., 2005; Molina i sar., 2006). Chrenek i sar., (2003) ističu povezanost BB genotipa κ -kazeina u populaciji smeđeg goveda s visokim udjelom mliječne masti, dok značajan utjecaj genotipa κ -kazeina na sadržaj proteina u mlijeku i laktoze nisu zapazili. Povoljan učinak BB genotipa κ -kazeina na udio proteina u mlijeku utvrđen je kod češkog simentalca (Kučerova i sar., 2006).

Tsiaras i sar., (2005) istražujući učinak κ -kazeina u populaciji Holsteina uočavaju da je AB genotip povezan s većim prinosom mlijeka naspram AA genotipa κ -kazeina. Utvrdili su da AB genotip κ -kazeina pozitivno utječe na udio mliječne masti i proteina u mlijeku. Kučerova i sar., (2004) također su utvrdili u populaciji Pied pasmine značajan učinak AA i BB genotipa κ -kazeina na kvalitativne i kvantitativne osobine mlijeka. Çardak (2005) je utvrdio pozitivan učinak AA genotipa κ -kazeina na udio mliječne masti i proteina u mlijeku simentalčkih krava. Comin i sar., (2008) u populaciji talijanskog Holsteina zapazili su povoljan učinak BB genotipa κ -kazeina na prinos proteina u mlijeku.

Braunschweig i sar., (2000) istražujući utjecaj kazeinskih genotipova na proizvodne i kvalitativne odlike mlijeka smeđeg alpskog goveda zaključuju da alelna A varijanta κ -kazeina snižava udio proteina u mlijeku, posebice kazeina, naspram alelna B varijante. Mlijeko krava BB genotipa κ -kazeina ostvaruje veći prinos sira u odnosu na mlijeko krava AA ili AB genotipa κ -kazeina. Sirevi proizvedeni od mlijeka krava BB genotipa κ -kazeina imaju veći udio proteina u mlijeku. Mlijeko Holstein krava s BB genotipom κ -kazeina u prosjeku je sadržavalo 0,13% više proteina u mlijeku u usporedbi s mlijekom krava AA i AB genotipa (Ng-Kwai-Hang i sar., 1984).

Bordim i sar., (2001) navode da funkcija κ -kazeina u mlijeku opravda istraživanje povezanosti polimorfni varijanti sa sastavom i količinom mlijeka, dok Sulimova i sar., (2007) potvrđuju važnost determinacije κ -kazeina u uzgojnoj izgradnji populacija goveda.

ZAKLJUČCI

Moderne metode molekularna genetike omogućile su neposrednu ili posrednu detekciju željenih alelnih varijanti roditelja i potomaka, na temelju čega je postalo moguće direktno odabirati grla za rasplod i korištenje, bez utjecaja spola, dobi, zdravlja, reproduktivnog statusa i okolišnih faktora na konačnu odluku. Spoznaja o povezanosti određenih genetskih varijanti proteina mlijeka na kvalitativne i kvantitativne odlike mlijeka umnogome može utjecati na brži uzgojni napredak u govedarkoj proizvodnji te olakšati odabir poželjnih varijanti koje će rezultirati proizvodnjom većih količina mlijeka kao i mlijeka primjerenijeg za daljnje prerađivačke procese. Obzirom da rezultati dosadašnjih istraživanja nisu u cjelosti istovjetni u pogledu utjecaja pojedinih genetskih varijanti proteina mlijeka na kvantitet i kvalitet mlijeka, potrebno je nastaviti istraživanja na većem broju jedinki, različitim populacijama dominantnih pasmina goveda specijaliziranim za visoku proizvodnju mlijeka.

LITERATURA

- Aaltonen, M., Antila, V. (1987): Milk renneting properties and the genetic variants of proteins. *Milchwissenschaft* 42: 490-492.
- Aleandri, R., Buttazzoni, L.G., Schneider, J.C. (1990): The effects of milk protein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability. *Journal of Dairy Science* 73: 241-255.
- Aschaffenburg, R., Drewry, J. (1955): Occurrence of different β -lactoglobulins in cow's milk. *Nature* 176: 218-219.
- Aschaffenburg, R. (1964): Protein phenotyping by direct polyacrylamide-gel electrophoresis of whole milk. *Biochimica et Biophysica Acta* 82: 188-191.
- Aschaffenburg, R. (1965): Variants of milk proteins and their pattern of inheritance. *Journal of Dairy Science* 48:128-132.
- Balcan, R.A., Georgescu, S.E., Adina, M., Anca, D., Tesio, C.D, Marieta, C. (2007): Identification of beta-lactoglobulin and kappa-casein genotypes in cattle.
- Bâlțeanu, V.A., Vlaic, A., Raluca-Rusu, A., Creanga, S., Pop, F.D., Odagiu, A., Pântea, M.L., Hâncu, V. (2007): Milk protein polymorphisms in Romanian Grey Steppe cattle studied by isoelectric focusing technique (IEF). *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca* 63: 304-310.
- Biase, H.F., Garnerio, V.D.A., Bezerra, L.A.F., Rosa, A.J.M., Lobo, R.B., Martelli, L. (2005): Analysis of restriction fragment length polymorphism in kappa-casein gene related to weight expected progeny difference in Nerola cattle. *Genetics and Molecular Biology* 28: 84-87.
- Boettcher, P.J., Caroli, A., Stella, A., Chessa, S., Budelli, E., Canavesi, F., Ghiroldi, S., Pagnacco, G. (2004): Effects of casein genotypes on milk production traits in Italian Holstein and Brown Swiss cattle. *Journal of Dairy Science* 87: 4311-4317.

- Bordim, G., Cordeiro Raposo, F., de la Calle, B., Rodrigueios, A.R. (2001): Identification and quantification of major bovine milk protein by liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 928: 63-76.
- Braunschweig, M., Hagger, C., Stranzinger, G., Puhán, Z. (2000): Association between casein genotypes and milk production traits of Swiss brown cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 1387-1395.
- Brka, M., Hodžić, A., Reinsch, N., Zečević, E., Dokso, A., Djedović, R., Rukavina, D., Kapur, L., Vegara, M., Šabanović, M., Ravić, I. (2010): Polymorphism of kappa casein gene in two Bosnian autochthonous cattle breed. *Archiv Tierzucht* 53: 277-282.
- Caput, P., Posavi, M., Kapš, M., Lukač-Havranek, J., Ernoić, M., Gašpert, Z. (1992): Genetski polimorfizam proteina krvi i mlijeka nekih pasmina goveda. *Stočarstvo* 46: 332-336.
- Çardak, A.D. (2005). Effect of genetic variants in milk protein on yield and composition of milk from Holstein-Friesian and Simmentaler cows. *South African Journal of Animal Science* 35: 41-47.
- Caroli, S., Chessa, S., Bolla, P., Budelli, E., Gandini, G.C. (2004): Genetic structure of milk protein polymorphisms and effects on milk production traits in a local dairy cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 121: 119-127.
- Caroli, A., Chessa, S., Chiatti, F., Rignanese, D., Meléndez, B., Rizzi, R., Ceriotti, G. (2008). Short communication: Carora cattle show high variability in α_{S1} -Casein. *Journal of Dairy Science* 91: 354-395.
- Chrenek, P., Huba, J., Vašíček, D., Peškovičová, D., Bulla, J. (2003): The relation between genetic polymorphism markers and milk yield in Brown Swiss cattle imported to Slovakia. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 16: 1397-1401.
- Comin, A., Cassandro, M., Chessa, S., Ojala, M., Dal Zotto, R., De Marchi, M., Carnier, P., Gallo, L., Pagnacco, G., Bittante, G. (2008): Effects of composite β - and κ -casein genotypes on milk coagulation, quality and yield traits in Italian Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 91: 4022-4027.
- Czerniawska, P.E., Kamieniecki, H. (2004): Milk protein polymorphism in cattle. *Med Weter* 60: 692-694.
- Dogru, U., Ozdemir, M. (2009): Genotyping of kappa-casein locus by PCR-RFLP in Brown Swis Cattle Breed. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8: 779-781.
- Dokso, A., Ivanković, A., Brka, M., Zečević, E., Ivkić, Z. (2014): Utjecaj genetskih varijanti β -laktoglobulina, κ -kazeina i α_{S1} -kazeina na količinu i kvalitetu mlijeka holstein, simentalske i smeđe pasmine goveda u Hrvatskoj. *Mljekarstvo* 64:49 – 56.
- Doosti, A., Arshi, A., Yaraghi land, M., Dayani-Nia, M. (2011): Comparative study of β - lactoglobulin gene polymorphism in Holstein and Iranian native cattle. *Journal of Cell and Animal Biology* 5: 53-55.

- Eigel, W.N., Butler, J.E., Ernstorm, C.A., Farell, H.M., Harwalker, V.R., Jenness, R., Whiteny, R.M. (1984): Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision. *Journal of Dairy Science* 67: 1599-1631.
- Erhardt, G. (1993): A new α_{s1} -casein allele in bovine milk and its occurrence in different breeds. *Animal Genetics* 24: 65-66.
- Faria, F.J.C., Guimaras, S.E.F., Lima, R.M.G. (1999): Análise de polimorfismo do gene da k-caseína em fêmeas da raça Nelore e efeito sobre o peso à desmama de suas progênes. *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia* 51: 377-382.
- Farrell, H.M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G.T., Brown, E.M., Butler, J.E., Creamer, L.K., Hicks, C.L., Hollar, C.M., Ng- Kwai-Hang, K.F., Swaisgood, H.E. (2004): Nomenclature of the proteins of cows' milk - sixth revision. *Journal of Dairy Science* 87: 1641-1674.
- Ferretti, L., Leone, P., Sgaramella, V. (1990): Long range restriction analysis of the bovine casein genes. *Nucleic Acids Research* 18: 6829-6833.
- Formaggioni, P., Summer, M., Malacarne, M., Mariani, P. (1999): Milk protein polymorphism: detection and diffusion of the genetic variants in *Bos* genus. *Annali della Facolta di Medicina Veterinaria, Universita di Parma* 19: 127-165.
- Grosclaude, F., Pujolle, J., Garnier, J., Ribadeau-Dumas, B. (1966): Mise en évidence de deux variants supplémentaires des protéins du lait de vache: α_{s1} -Cn^D et Lg^D. *Annales de biologie animale biochimie biophysique* 6: 215 -222.
- Grosclaude, F., Mahé, M.F., Mercier, J.C., Bonnemaire, J., Tessier, J.H. (1976): Polymorphisme des lactoprotéines de bovines Népalais. I. Mise en évidence, chez le yak, et caractérisation biochimique de deux nouveaux variants: β -lactoglobulin D (yak) et caséine α_{s1} -E.
- Havlíček, Z. (1996): Polymorfismus mléčných proteinů ve vztahu k jejich produkci a kvalitě. (disertacija) Brno, str. 179.
- Hayes, H.C., Petit, E.J. (1993): Mapping of the beta- lactoglobulin gene and of an immunoglobulin M heavy chain-like sequence to homologous cattle, sheep and goat chromosomes. *Mammalian Genome* 4: 207-210.
- Ikonen, T., Ojala, M., Ruottinen, O. (1999): Associations between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *Genetics and Breeding* 82: 1026-1033.
- Ivanković, A. (2005): Uporaba molekularne genetika u animalnoj proizvodnji. *Stočarstvo* 59: 121-144.
- Kaminski, S. (2004). Polymorphism of milk protein genes in coding and regulatory regions and their effects on gene expression and milk performance traits. *Animal Science Papers and Reports* 22: 109-113.
- Karimi, K, Beigi-Nassiri, M.T., Mirzadeh, K.H., Ashayerizadeh, A., Roushanfekr, H., Fayazi, J. (2009): Polymorphism of the β -lactoglobulin gene and its association with milk production traits in Iranian Najdi cattle. *International Journal of Biotechnology* 7: 82-85.

- Kim, S.W. (1994): Genetic polymorphism of milk proteins and their association with production traits in Ayrshire, Jersey, Brown Swiss and Canadienne. M.Sc. Thesis. McGill University, Canada, str. 38.
- Koczan, D., Hoborn, G., Seyfert, H.M. (1993): Characterization of the bovine α_{S1} -casein gene C-allele, based on a MaeIII polymorphism. *Animal Genetics* 24: 74.
- Konovalova, R.A., Sel'tsov, V.I., Zinov'eva, N.A. (2004): Polimorphism of κ -casein gene and its influence on productivity parameters of the Simental cows. 4th Conference Problems Biotechnology in Farm Animal. 24-25.11.2004., Dobrovitsy, Russia, str. 49-54.
- Kúbarsepp, I., Henno, M., Viinaless, H., Sabre, D. (2005): Effect of κ -casein and β -lactoglobulin genotypes on the milk rennet coagulation properties. *Agronomy Research* 3: 55-64.
- Kučerova, J., Nemečova, J., Štipkova, M., Vrtkova, I., Dvorak, J., Frelich, J., Bouška, J., Maršalek, M. (2004): The influence of marker CSN3 and ETH10 on milk production parameters in Czech pied cattle. *Journal of Central European Agriculture* 4: 303-308.
- Kučerova, J., Matějček, A., Jandurova, O.M., Sorensen, P., Němcov, E., Štipkova, M., Kott, T., Bouška, J., Frelich, J. (2006): Milk protein genes CSN1S1, CSN2, CSN3, LGB and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckveh. *Czech Journal of Animal Science* 51: 241-247
- Laloux, J., Erhardt, G. (1990): Les variants genetiques des lactoproteins dans les race bovines belges. Reflexions sur le taux proteique. *Revue de l'Agriculture* 43: 781-795.
- Lien, S., Gomez-Raya, L., Steine, T., Fimland, E., Rogne, S. (1995): Associations between casein genotypes and milk yield traits. *Journal of Dairy Science* 78: 2047-2056.
- Lin, C.Y., McAllister, K.F., 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. *Journal of Dairy Science* 72: 3085-3090.
- Litwinczuk, Z., Krol, J. (2002): Polymorphism of main milk proteins in beef cattle maintained in East-Central Poland. *Animal Science* 20: 33-40.
- Londes, A., Buchberger, J., Krause, I., Aumann, J., Klostermeyer, H. (1996): The influence of genetic variants of milk proteins on the composition and technological properties of milk. Content of protein, casein, whey protein and casein number. *Milchwissenschaft* 51: 3-7.
- Lukač-Havranek, J., Čurik, I., Samaržija, D., Antunac, N. (1992): Polimorfismo delle proteine del latte nella razza Simmental Croata. *Scienza e Tecnica Lattiero – Casearia* 44: 155-160.
- Lundén, A., Nilsson, M., Janson, L. (1997): Marked effect of β -lactoglobulin polymorphism on the ratio of casein to total protein in milk. *Journal of Dairy Science* 80: 2996-3005.

- Lundén, A., Forselles, J. (2000): Gene frequency of λ -casein E in Swedish Red and White breeding bulls. Abstract of the 27th International Conference of Animal Genetics, Minnesota, USA, str. 63.
- Lundén, A. (2005): Genetic markers of milk quality in cows. Indicators of milk and beef quality. EAAP Publication No. 112: 33-46.
- Mahé, M.F., Miranda, G., Queval, R., Bado, A., Zafindrajaona, P.S., Grosclaude, F. (1999): Genetic polymorphism of milk proteins in African *Bos Taurus* and *Bos indicus* populations. Characterization of variants α_{s1} -Cn. H and κ -Cn. *Genetics Selection Evolution* 31: 239-253.
- Mariani, P., Anghinetti, A., Serventi, P., Fossa, E. (1993): Frazionamento della caseina mediante RP-HPLC: Sulla osservazione di alcuni lattici individuali caratterizzati da una bassa proporzione di α_{s1} -caseina in vacche di razza Bruna. *L'Industria del Latte* 29: 75-85.
- Matulić, D., Ivanković, A., Aničić, I. (2009): Potpomognuta selekcija u akvakulturi. *Ribarstvo* 67: 25-39.
- McLean, D.M. (1987): Influence of milk protein variants on milk composition, yield and cheese making properties. *Animal Genetics* 18: 100-102.
- Medrano, J.F., Aguilar-Cordova, E. (1990): Genotyping of bovine kappa-casein loci following DNA sequence amplification. *Biotechnology* 8: 144-146.
- Miceikiene, I., Peculaitiene, I., Petraskiene, N. (2005): Milk genotypes and their association with milk composition traits in the Lithuanian dairy cattle. *Med Veter* 61: 394-397.
- Molina, L.H., Benavides, T., Brito, C., Carrillo, B., Molina, I. (2006): Relationship between A and B variants of κ -casein and β -lactoglobulin and coagulation properties of milk (Part II). *International Journal of Dairy Technology* 59: 188-191.
- Neelin, J.M. (1964): Variants of κ -casein revealed by improved starch gel electrophoresis. *Journal of Dairy Science* 47: 506-509.
- Ng-Kwai-Hang, K.F., Hayes, J.F., Moxley, J.E., Monardes, H.G. (1984): Association of genetic variants of casein and milk serum proteins with milk, fat and protein production by dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 67: 835-840.
- Ng-Kwai-Hang, K.F., Hayes, J.F., Moxley, J.E., Monardes, H.G. (1986): Relationship between milk protein polymorphism and major milk protein constituents in Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* 69: 22-26.
- 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. *Journal of Dairy Science* 73: 3414-3420.
- Ng-Kwai-Hang, K.F., Zadworny, J.F., Kuhnlein, U. (1991): Identification of κ -Casein genotype in Holstein sires: A comparison between analysis of milk samples from daughters and direct analysis of semen samples from sires by polymerase chain reaction. *Journal of Dairy Science* 74: 2410-2415.

- Ng-Kwai-Hang, K.F. (1998): Genetic polymorphism of milk proteins: Relationships with traits, milk composition and technological properties. *Canadian Journal of Animal Science* 78: 131-147.
- Ng-Kwai-Hang, K.F., Dodds, C., Boland, M.J., Auldist, M. J. (2002): The influence of genetic variant of β -lactoglobulin on speed and firmness of rennet curd. *Milchwissenschaft* 57: 267-269.
- Nuyts-Petit, V., Delacroix-Buchet, A., Vassal, L. (1997): Effect of the three most frequent casein haplotypes occurring in the Norman breed used for cheesemaking. *Lait* 77: 625-639.
- Pagnacco, G., Caroli, A. (1987). Effect of casein and β -Lg genotypes on renneting properties of milk. *Journal of Dairy Research* 54: 479-485.
- Prinzenberg, E.M., Brandt, H., Bennewitz, J., Kalm, E., Erhardt, G. (2005): Allele frequencies for SNPs in the α S1-casein gene (CSN1S1) 5' flanking region in European cattle and association with economic traits in German Holstein. *Livestock Production Science* 98: 155-160.
- Putz, M., Averdunk, G., Aumann, J., Buchberg, J. (1991): Survey of genetic variants of milk proteins in Bavarian cattle populations and their relation with production traits. 42nd Annual EAAP Meeting, Berlin.
- Rahali, V., Ménard, J.L. (1991): Influence of genetic variants of β -lactoglobulin and κ -casein on milk composition and cheesemaking properties. *Lait* 71: 275-297.
- Sabour, M.P., Lin, C.Y., Keough, A., Mechanda, S.M., Lee, A.J. (1993): Effects of selection practiced on the frequencies of κ -casein and β -lactoglobulin genotypes in Canadian artificial insemination bulls. *Journal of Dairy Science* 76: 274-280.
- Schmidt, D.G. (1964): Starch-gel electrophoresis of κ -casein. *Biochimica et Biophysica Acta* 90: 411-414.
- Sitkowska, B., Neja, W., Wisniewska, E., Mroczkowski, S., Sava, A. (2009): Effect of the polymorphic composite forms of β -lactoglobulin on the milk yield and chemical composition in maximum lactation. *Journal of Central European Agriculture* 10: 251-254.
- Strzalkowska, N., Krzyzewski, J., Zwierzchowski, L., Ryniewicz, Z. (2002): Effects of κ -casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cows' age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle. *Animal Science Papers and Reports* 20: 21-35.
- Sulimova, G.E., Azari, M.A., Rostamzadeh, J., Abadi, M.M.R., Lazebny, O.E. (2007): κ -casein gene (CSN3) allelic polymorphism in Russian cattle breeds and its information value as a genetic marker. *Russian Journal of Genetics* 43: 73-79.
- Swaigood, H.E. (1992): Chemistry of the casein. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume I, Proteins* ed. P.F.Fox. Elsevier Applied Science, London.
- Thompson, M.P., Kiddy, C.A., Pepper, L.P., Zittle, C.A. (1962): Variations in α_s - casein fraction of individual cow's milk. *Nature* 195: 1001-1002.
- Thompson, M.P., Kiddy, C.A., Johnston, J.O., Wienberg, R.M. (1964): Genetic polymorphism in caseins of cow's milk. II. Confirmation of the genetic control of β -casein variation. *Journal of Dairy Science* 47: 378-381.

- Threadgill, D.W., Womack, J.E. (1990): Genomic analysis of the major bovine milk protein genes. *Nucleic Acids Research* 18:6935-6942.
- Tsiaras, A.M., Bargouli, G.G., Banos, G., Boscov, C.M. (2005): Effect of κ -casein and β -lactoglobulin loci on milk production traits and reproductive performance of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 88: 327-334.
- Van Eenennaam, A.L., Medrano, J.F. (1991): Milk protein polymorphisms in California dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74: 1730-1742.
- Verdier-Metz, I., Coulon, J.B., Pradel, P. (2001): Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. *Animal Research* 50: 365– 371.
- Woychik, J.H. (1964): Polymorphism in κ -casein of cow's milk. *Biochemical and Biophysical Research Communications*.

RELATIONSHIP OF GENETIC VARIANTS MILK PROTEINS WITH PRODUCTION AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF COW MILK

Summary

The quantitative and qualitative lactation characteristics were partly clarified by structural and functional changes of genes which affect on the physiology of the mammary glands. The amount of milk in the new breeding guidelines is often expressed through the amount of useful substances, primarily milk fat and proteins in milk. The discovery of polymorphic variants of genes which affect on the physiology of the mammary glands and their connection with quantitative and qualitative production characteristics opens the possibility of additional improving production predispose individuals and populations, for it is especially interested in dairy processing sector. Object of presented review was to determination of the polymorphic allelic variants of $\alpha S1$ -casein, κ -casein and β -lactoglobulin and their interactions with the quantitative and qualitative lactation characteristics of some cattle breeds.

Key words: *genotype, β -lactoglobulin, κ -casein, $\alpha S1$ -casein, milk,*