

Točka ledišta mlijeka visokoproduktivnih mliječnih krava

Slavica Golc Teger, Andrej Lavrenčič, Aša Grahelj

Izvorni znanstveni rad – Original scientific paper

UDK: 636:2:637.1(043.2)

Sažetak

Istraživani su čimbenici koji utječu na točku ledišta mlijeka u stadu od 200 crno-bijelih krava, prosječne proizvodnje mlijeka u laktaciji od 8 386 kg te 8 328 kg mlijeka u standardnoj laktaciji. Na temelju jednogodišnjeg istraživanja (2002.) i 1 773 pojedinačna uzorka, dobivene su sljedeće vrijednosti prosječnog sastava: 3,91% masti, 3,26% proteina, 4,54% laktoze, 33,4 mg/100 mL ureje i 331 000 somatskih stanica u mL mlijeka. Prosječna vrijednost točke ledišta mlijeka ($n = 1\ 680$) iznosila je $-0,527\ ^\circ\text{C}$, s rasponom od $-0,562\ ^\circ\text{C}$ do $-0,423\ ^\circ\text{C}$. U 210 (12,5%) uzoraka točka ledišta bila je viša od $-0,515\ ^\circ\text{C}$. Najniža je točka ledišta ($-0,532\ ^\circ\text{C}$) u uzorcima prikupljenim prvog mjeseca nakon teljenja, a najviša ($-0,522\ ^\circ\text{C}$) u uzorcima prikupljenim dvanaestog mjeseca laktacije. Značajne su i razlike između točke ledišta mlijeka u prvoj i drugoj laktaciji ($-0,530\ ^\circ\text{C}$; $P < 0,05$) te nakon petog teljenja ($-0,523\ ^\circ\text{C}$; $P < 0,05$). Vrijednosti točke ledišta u uzorcima prikupljenim od siječnja do travnja ($-0,538\ ^\circ\text{C}$ do $-0,532\ ^\circ\text{C}$) bile su značajno niže od uzoraka prikupljenim u svibnju i lipnju ($-0,517\ ^\circ\text{C}$ i $-0,519\ ^\circ\text{C}$). Pri tome su dobiveni sljedeći koeficijenti korelacija između osobina krava, sastava mlijeka i točke ledišta mlijeka: mjesec laktacije $r = 0,233$ ($P < 0,001$); broj laktacija $r = 0,196$ ($P < 0,001$); dob krava (godine) $r = 0,231$ ($P < 0,001$); mjesec u godini $r = 0,0253$ ($P < 0,001$); količina mlijeka na dan mužnje $r = -0,106$ ($P < 0,001$); količina mlijeka korigirane masti (FCM) po dnevnoj proizvodnji mlijeka $r = -0,234$ ($P < 0,001$); laktoza % $r = -0,530$ ($P < 0,001$); mast % $r = -0,351$ ($P < 0,001$); protein % $r = 0,058$ ($P < 0,05$); ureja mg/100 mL $r = 0,091$ ($P < 0,001$) i broj somatskih stanica $r = 0,154$ ($P < 0,001$). Zbroj učinaka (mjeseci u godini, trajanje laktacije te udio masti, proteina i laktoze u mlijeku) čini 70% varijabilnosti točke ledišta mlijeka ($R^2 = 0,698$).

Ključne riječi: kravlje mlijeko, kemijski sastav, točka ledišta, laktacija, sezona

Uvod

Mlijeko je po svojoj prirodi emulzija, koloid i prava otopina. Emulziju sačinjavaju mliječna mast i druge molekule lipida, dok koloid predstavlja kazeinske micelle i drugi djelići proteina. U mlijeku se nalazi i otopljeni

mliječni šećer te mineralne tvari. Kao fizikalno svojstvo mlijeka, točka ledišta ovisi o broju otopljenih molekula, odnosno iona u mlijeku te praktično predstavlja konstantnu vrijednost.

Određivanje točke ledišta mlijeka spada među najznačajnije metode ocjenjivanja kakvoće mlijeka. Točka ledišta je osnova za ocjenu prisutnosti dodane vode u mlijeku, a ovisi o pasmini, hranidbi životinja, načinu hranjenja i napajanja, sezoni, stadiju laktacije i razlikuje se po područjima (Buchberger, 1986., Golc, Penca, 1987.). Spada među one osobine mlijeka, koje su vrlo osjetljive već na male dodatke vode pa uzrokuju povišenu vrijednost točke ledišta mlijeka (Kirst i sur., 2000.). Uzroci izmjena su također u intenzitetu prinosa mlijeka, u suvremenim tehnologijama sustava mužnje, hlađenja i transporta. Povišena vrijednost točke ledišta odraz je promjene u sastavu mlijeka, zato je otkrivanje uzroka promijenjene vrijednosti u interesu uzgajivača i otkupljivača mlijeka.

Svrha istraživanja bila je proučiti povezanost točke ledišta mlijeka s drugim parametrima kakvoće mlijeka glede količine namuzenog mlijeka, stadija laktacije, dobi krava i mjeseca uzimanja uzoraka.

Materijal i metode rada

Podatke o rezultatima mjesečnih kontrola mliječnosti u 2002. godini dobili smo na farmi s 200 muznih krava crno-bijele pasmine vezanog načina držanja. Krave muzu dva puta na dan, u izmuzištu riblja kost. Osnovni zimski obrok bio je sastavljen iz manjih količina sijena (do 2 kg po kravi na dan) te travne i kukuruzne silaže u omjeru 40 : 60. Od početka travnja do početka listopada krave su bile na cjelodnevnoj ispaši. U staji prije i poslije mužnje dobivale su do 2 kg sijena i 15 kg silaže. Osnovni obrok bio je dopunjen s primjereno sastavljenim krmnim smjesama, koje su krave dobivale na krmni stol prema njihovoj mliječnosti. Hranidba i kontrola hranidbe krava na farmi vode se sukladno sustavu koji je razvio i opisao Orešnik (1996.). Stado je uključeno u AP kontrolu.

Tijekom jedanaest mjesečnih kontrola (u srpnju kontrola nije provedena) prikupljeno je 1 924 podatka o mliječnosti, sastavu i drugim osobinama mlijeka.

Analize mlijeka

Za određivanje komponenata mlijeka, kao i za određivanje točke ledišta te sadržaja ureje u mlijeku, koristili smo se metodom MID infracrvena spektrometrija (prema standardu IDF 141). Broj somatskih stanica određen je

fluoro-opto-elektronskom metodom, koju navodi standard ISO 13366-3. Upotrijebljeni instrumenti MilkoScan 4000 i Fossomatic 420 bili su uključeni u redovno provjeravanje točnosti rezultata analiza u okviru nacionalne i međunarodne kontrole, koju provodi Laboratorij za mljekarstvo Biotehničkog fakulteta, Odjela za zootehniku, Ljubljana.

Statistička obrada podataka

Za statističku analizu korišteni su podaci koji po odabranom kriteriju odstupaju od očekivanih vrijednosti, pa smo tako razmatrali 1 773 mjerenja mliječnosti krava i analiza uzoraka mlijeka na udjele pojedinih komponenata te 1 680 mjerenja točke ledišta mlijeka od 176 krava. Kriterije za izdvajanje podataka preuzeli smo prema Arunvipasu i sur. (2003.). Isključene su bile vrijednosti koje su bile za mast više od 6% i niže od 1,5%; za proteine više od 5% i niže od 1,5%, a isključili smo i podatke za uzorke, u kojih je udio laktoze bio manji od 3%, ureje manji od 2 mg/kg i točka ledišta viša od -0,400 °C. Također nismo uzeli u obzir ni podatke o životinjama u osmoj ili višoj laktaciji te životinje s produženom laktacijom (iznad 12 mjesečnih kontrola). Prema nabrojanim kriterijima bilo je isključeno ukupno 38 podataka.

Za pripremu podataka, izračuna novih varijabli, osnovne statistike te korelacijskih koeficijenata korišten je programski paket SAS (1996.). Za ocjenu korelacijskih koeficijenata upotrijebljena je procedura CORR, a za analizu varijance procedura GLM.

Statistički model

$$Y_{ijkl} = \mu + ZT_i + ZK_j + S_k + e_{ijkl}$$

gdje je:

Y_{ijkl} = točka ledišta mlijeka, i = redoslijed laktacije, j = mjesec kontrole mliječnosti, k = mjesec u godini

μ = srednja vrijednost

ZT_i = redoslijed laktacije (od 1 do 7)

ZK_j = mjesec kontrole mliječnosti (od 1 do 12)

S_k = mjesec u godini (1 = siječanj, 2 = veljača, ... 12 = prosinac)

e_{ijkl} = slučajna greška

Za usporedbu razlika između istraživanih osobina upotrijebljen je DUNCAN test. Regresijska jednadžba, za prognoziranje točke ledišta mlijeka, izračunata je pomoću SAS procedure REG, pri čemu su pokazatelji (jedino ako su bili statistički signifikantni, $P < 0,05$) bili uključivani u izračun po postupku STEPWISE.

Rezultati istraživanja i rasprava

Prosječna mliječnost krava u stadu bila je veća od prosječne mliječnosti crno-bijelih krava na seoskim gospodarstvima i poljoprivrednim gospodarstvima.

Klopčič (2003.) navodi proizvodnju mlijeka crno-bijelih krava od 7 647 kg mlijeka (seoska gospodarstva) odnosno 8 017 kg mlijeka (poljoprivredna gospodarstva). U standardnoj laktaciji proizvodnja mlijeka bila je 6 809 kg (seoska gospodarstva), odnosno 7 372 kg mlijeka (poljoprivredna gospodarstva).

U tablici 1 navedene su vrijednosti točke ledišta, fizikalno kemijskih parametara i broja somatskih stanica u mlijeku, te podatci o mliječnosti, laktaciji i dobi krava.

Tablica 1: Osnovna statistika istraživanih parametara

Table 1: Basic statistics of the researched parameters

Parametar Parameter	n	\bar{X}	SD	KV	Min	Max
Točka ledišta (°C) Freezing point (°C)	1 680	-0,527	0,011	-2,182	-0,562	-0,423
Laktoza (%) Lactose (%)	1 773	4,54	0,30	6,65	3,05	5,36
Masti (%) Fat (%)	1 773	3,91	0,72	18,49	1,66	5,95
Proteini (%) Proteins (%)	1 773	3,26	0,38	11,56	2,24	4,90
SC (x 1000/mL)	1 773	331	633	191,04	6	7 241
Ureja(mg/100 mL)	1 773	33,41	10,24	30,65	4,00	72,00
Mliječnost (kg) Milk yield (kg)	318	8 386	2 849	33,97	668	15 122
MI 305 (kg)	283	8 328	1 523	18,29	3 746	11 477
MMK (kg)	1 773	26,6	8,0	29,9	3,3	50,1
FCM (kg)	1 773	26,0	7,8	30,0	3,3	58,6
Dob krave (godina) Age (years)	318	4,9	1,9	38,5	1,9	10,0

SC – broj somatskih stanica (Somatic cells count), MI 305 – standardna laktacija (Standard lactation), MMK – mliječnost na muzni dan (Yield per milking day), FCM – količina mlijeka korigirana na 4% masti (Fat corrected milk), n – broj promatranja (Number of observations), \bar{x} – prosjek (Mean value), SD – standardna devijacija (Standard deviation), KV – koeficijent varijacije (Coefficient of variation), Min – minimum, Max – maksimum

Udjel masti u mlijeku u istraživanom stadu može se usporediti s udjelom u mlijeku krava poljoprivrednih gospodarstva (3,91% : 3,96%). I udjel proteina u mlijeku bio je u razmatranom stadu tek malo manji nego u mlijeku krava poljoprivrednih gospodarstva (3,26% : 3,32%). Mlijeko crno-bijelih krava slovenskih seoskih gospodarstva u prosjeku je sadržavalo 4,21% masti te 3,34% proteina.

Udjel laktoze u mlijeku krava (4,54%) bio je manji od vrijednosti (4,6% do 4,9%) koja se u stručnoj literaturi navodi kao očekivana vrijednost (Larson i Smith, 1984.).

Utvrđeni prosječni broj somatskih stanica u mlijeku (331 000/mL) bio je ispod vrijednosti, koja se u Pravilniku (Pravilnik o veterinarskim uvjetima ..., 2004. godine) navodi kao najveća prihvatljiva brojka (400 000/mL) kvalitetnog mlijeka pri otkupu.

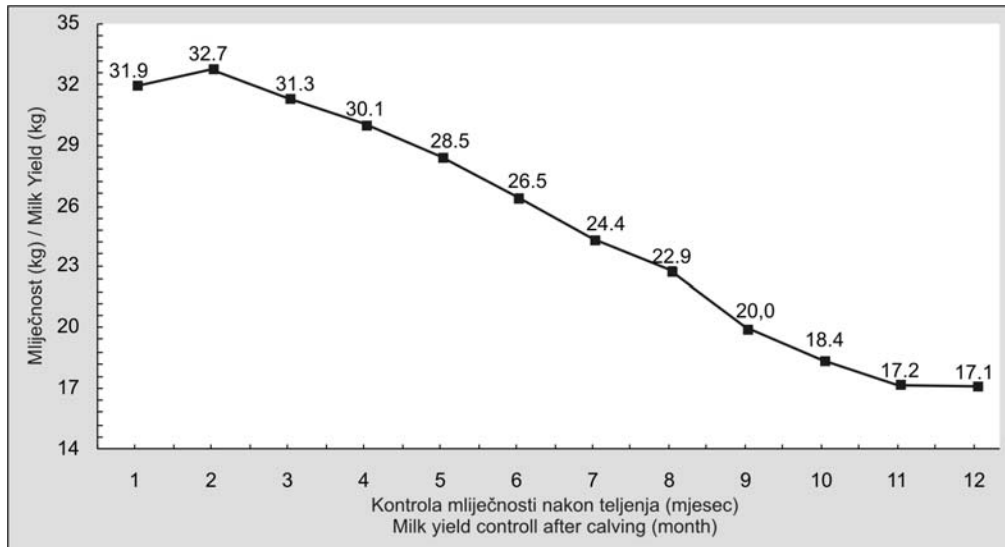
Prosječni udjel ureje u mlijeku tretiranih krava bio je 33,4 mg/100 mL, što je više od granične vrijednosti od 30 mg/100 mL, koju navode u zapisima AP kontrole u Sloveniji. Kirchgessner i sur., (1986.) za mlijeko visoko-proizvodnih krava navode vrijednosti ureje do 40 mg/100 mL mlijeka.

Na osnovu 1 680 uzoraka mlijeka, prosječna točka ledišta mlijeka bila je -0,527 °C, što je neznatno više od vrijednosti (-0,533 °C) koju za kravlje mlijeko dobre kvalitete navodi Buchberger (1986.).

Laktacijska krivulja

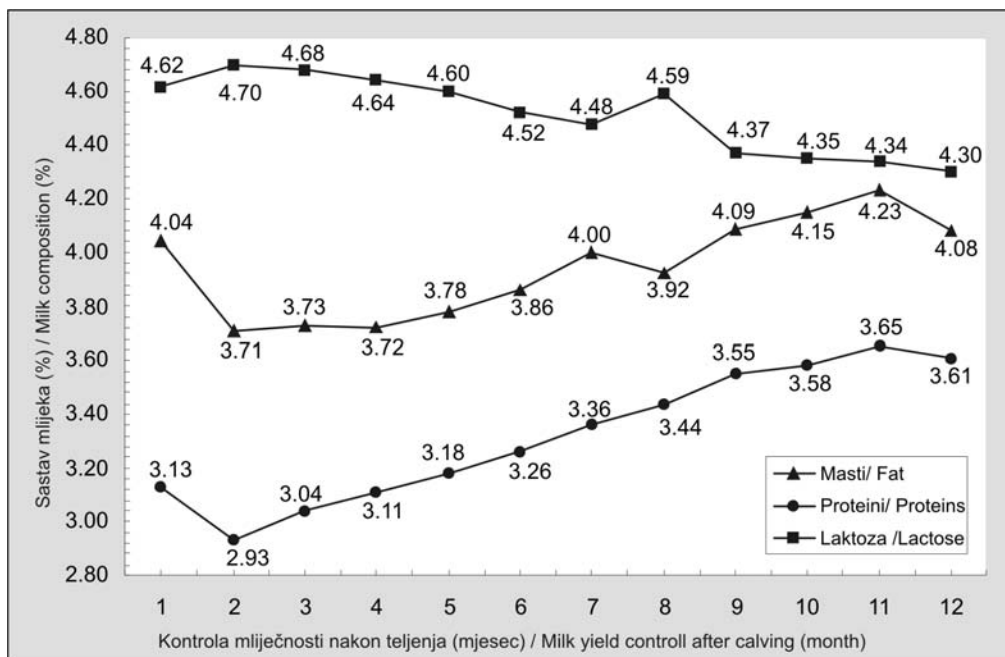
Mliječnost krava i kemijski sastav mlijeka tijekom laktacije prikazuju grafikon 1 i 2. Tijek laktacijske krivulje i variranje pojedinih komponenata mlijeka prikazani su na osnovi prosječne mliječnosti krava na dan kontrole i rezultata analiza uzetih uzoraka u 12 uzastopnih mjesečnih kontrola mliječnosti. Mliječnost krava u drugoj kontroli poslije teljenja statistički signifikantno ($P < 0,05$) razlikovala se od mliječnosti u sljedećim kontrolama, a ne od mliječnosti u prvoj mliječnoj kontroli. Razlike u mliječnosti između pojedinih kontrola statistički signifikantno su se razlikovale do desete mliječne kontrole ($P < 0,05$). Između posljednje tri kontrole (10. do 12.) nije bilo statistički signifikantnih razlika u mliječnosti krava na dan kontrole.

Broj somatskih stanica u mlijeku tijekom laktacije nije se signifikantno mijenjao, kao ni količina ureje u mlijeku.



Grafikon 1: Laktacijska krivulja

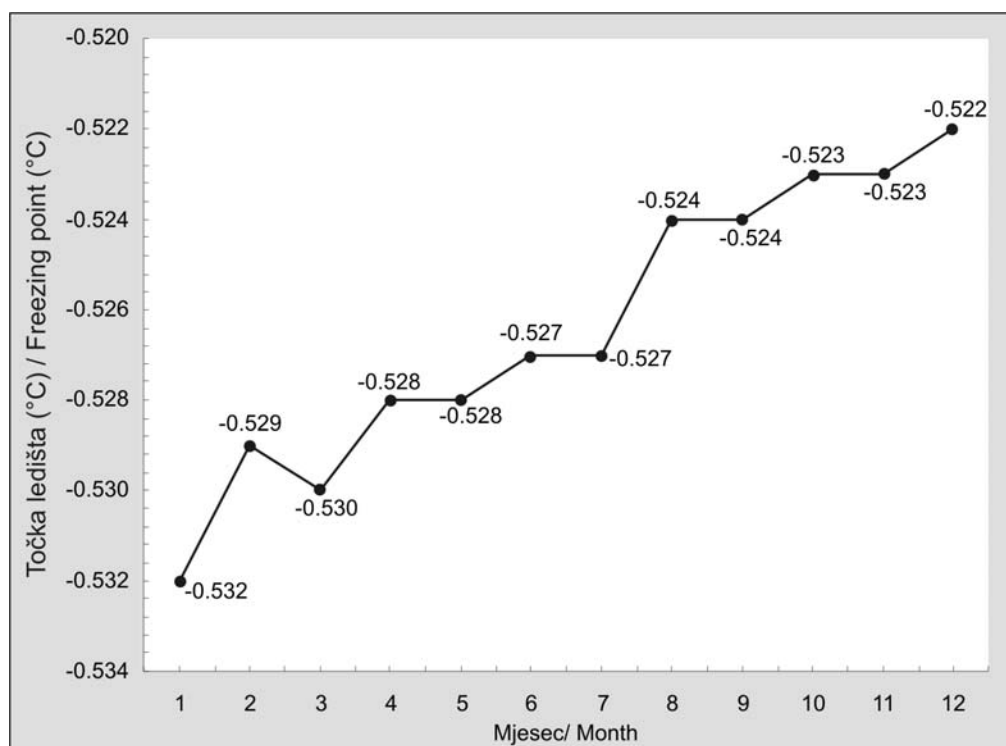
Graph 1: Curve of lactation



Grafikon 2: Promjene sadržaja masti, proteina i laktoze tijekom laktacije

Graph 2: Variation of fat, proteins and lactose content during lactation

Najniža vrijednost mliječne masti bila je utvrđena u drugoj kontroli (3,71%). Poslije šeste kontrole mliječnosti, vrijednosti su statistički signifikantno u porastu ($P < 0,05$). Isto tako i proteini su u prosjeku bili najniži u drugoj kontroli, nakon toga bili su statistički signifikantno u porastu do jedanaeste kontrole mliječnosti ($P < 0,05$). Vrijednosti laktoze bile su statistički signifikantno različite ($P < 0,05$) u svim kontrolama mliječnosti nakon teljenja.



Grafikon 3: Promjene točke ledišta tijekom laktacije

Graph 3: Variation of the freezing point during lactation

Najniža temperatura točke ledišta mlijeka (-0,532 °C) bila je zabilježena u uzorcima iz prve kontrole mliječnosti nakon teljenja, a najviša (-0,522 °C) tijekom 12. kontrole mliječnosti nakon teljenja. Od linearnog povećavanja točke ledišta tijekom laktacije odstupa jedino treća kontrola, kod koje vrijednost (-0,530 °C) nije statistički značajno drukčija od vrijednosti tijekom prve mjesečne kontrole. Nakon sedme kontrole mliječnosti zabilježene vrijednosti (od -0,524 °C do -0,522 °C) statistički su bile signifikantno veće

nego u prvih sedam kontrola ($P < 0,05$). Vrijednost točke ledišta tijekom laktacije prikazane su u grafikonu 3.

Elschner i sur. (1997.) navode tvrdnju da je vrijednost točke ledišta najniža negdje prema kraju laktacije a najviša na početku laktacije, što se može tumačiti posljedicom nedovoljne opskrbe krava energijom uz visoku mliječnost u prvim mjesecima laktacije. Rezultati naših istraživanja se, međutim, podudaraju s podacima koje su utvrdili Wiedemann i sur. (1993.). Oni su utvrdili najnižu točku ledišta mlijeka krava tijekom prvog mjeseca nakon teljenja ($-0,530$ °C) i najvišu ($-0,510$ °C) tijekom petog mjeseca laktacije. Izmjene u visini točke ledišta povezuju s promjenama u sadržaju suhe tvari bez masti u mlijeku.

Redoslijed laktacije

Najniža točka ledišta bila je u mlijeku krava nakon prvog i drugog teljenja ($-0,530$ °C i $-0,523$ °C). Nakon trećeg, pa do sedmog teljenja temperatura ledišta se statistički signifikantno povisila (od $-0,525$ °C do $-0,526$ °C; $P < 0,05$), kao i nakon prvoga i drugoga teljenja. Wiedemann i sur. (1993.) nisu utvrdili veze između točke ledišta mlijeka i dobi (uzastopnom laktacijom) krava, dok je Michalcova (1997.) konstatirala da se točka ledišta mlijeka uzastopnim laktacijama povisuje, što je sukladno našim rezultatima.

Mjesec kontrole mliječnosti

Točka ledišta mlijeka bila je u usporedbi s drugim mjesecima godine statistički signifikantno najniža u uzorcima od siječnja do travnja (od $-0,538$ °C do $-0,532$ °C; $P < 0,05$) i statistički značajno najviša u svibnju i lipnju ($-0,517$ °C i $-0,519$ °C; $P < 0,05$). Od kolovoza do studenoga vrijednosti (od $-0,528$ °C do $-0,522$ °C; $P < 0,05$) su bile statistički značajno niže nego u svibnju i lipnju, te više nego od siječnja do travnja. Golc i Penca (1987.) dokazali su da godišnje doba utječe na točku ledišta. Tako Lombardi (1998.) navodi, da je u ljetnim mjesecima udio uzoraka s preniskom vrijednosti točke ledišta veći nego zimi.

Elschner i sur. (1997.) nisu utvrdili utjecaj sezone na točku ledišta mlijeka.

Točka ledišta mlijeka ispod i iznad $-0,515$ °C

Podatke o točki ledišta podijelili smo na dvije skupine, u vrijednosti ispod i iznad $-0,515$ °C, te pokušali pronaći kako su one povezane s komponentama i drugim osobinama krava.

Tablica 2: Točka ledišta mlijeka ispod i iznad $-0,515\text{ }^{\circ}\text{C}$ Table 2: Freezing point below and above $-0,515\text{ }^{\circ}\text{C}$

	Točka ledišta $\geq -0,515$		Točka ledišta $\leq -0,515$	
	Freezing point n	\bar{X}	Freezing point n	\bar{X}
Točka ledišta ($^{\circ}\text{C}$) Freezing point ($^{\circ}\text{C}$)	210	-0,508a	1 470	-0,530b
Laktoza (%) Lactose (%)	210	4,20a	1 563	4,59b
Masti (%) Fat (%)	210	3,47a	1 563	3,97b
Proteini (%) Proteins (%)	210	3,28a	1 563	3,26a
SC (x 1000/mL)	210	595a	1 563	269b
Ureja (mg/100 mL)	210	34,1a	1 563	33,3a
Mliječnost (kg) Milk yield (kg)	16	8 673a	302	8 371a
MI 305 (kg)	14	8 821a	269	8 303a
MMK (kg)	210	24,8a	1 563	26,9b
FCM (kg)	210	22,6a	1 563	26,5b
Dob krava (godina) Age (years)	16	5,5a	302	4,8a

SC – broj somatskih stanica (Somatic cells count), MI 305 – standardna laktacija (Standard lactation), MMK – mliječnost na muzni dan (Yield per milking day), FCM – količina mlijeka korigirana na 4% masti (Fat corrected milk), n – broj promatranja (Number of observations), \bar{x} – prosjek (Mean value)

Od 1 680 analiziranih uzoraka mlijeka, točka ledišta mlijeka viša od $-0,515\text{ }^{\circ}\text{C}$ utvrđena je u 210 uzoraka ili 12,5%. U tim je uzorcima bio značajno ($P < 0,05$) niži sadržaj laktoze (4,20% : 4,59%), masti (3,47% : 3,97%) a viši broj somatskih stanica (595 000/mL : 296 000/mL). Značajne razlike ($P < 0,05$) utvrđene su i u dnevnoj količini mlijeka (24,8 kg : 26,9 kg) i FCM na dan mužnje (22,6 kg : 26,5 kg). Podatci ukazuju na povezanost između visine točke ledišta i laktoze te masti, broja somatskih stanica i mliječnosti na dan mužnje. Uzroke promjena trebalo bi provjeriti, posebice slučajeve obolijevanja krava.

Utjecaj pojedinih parametara na točku ledišta mlijeka

Izračunom koeficijenta korelacije potvrdili smo signifikantnu povezanost točke ledišta mlijeka sa svojstvima krava, kao i mjeseca uzimanja uzoraka s količinom pojedinih komponenata mlijeka (tablica 3).

Stadij laktacije, laktacija, dob krava i sezona statistički su signifikantno utjecali na točku ledišta. Ta se povećavala trajanjem laktacije, uzastopnim teljenjem i mjesecom uzimanja uzorka. Korelacijski koeficijent između točke ledišta mlijeka i dobi krava ($r = 0,231$; $P < 0,001$) čak je viši od koeficijenta za uzastopnu laktaciju ($r = 0,196$; $P < 0,001$).

Tablica 3: Korelacijski koeficijenti između točke ledišta mlijeka i istraživanih parametara

Table 3: Correlation coefficient between freezing point and researched parameters

	r	P
Stadij laktacije Lactation stage	0,233	***
Laktacija Lactation	0,196	***
Dob krava (godina) Age (years)	0,231	***
Sezona Season	0,253	***
MMK (kg)	-0,106	***
FCM (kg)	-0,234	***
Laktoza (%) Lactose (%)	-0,530	***
Mast (%) Fat (%)	-0,351	***
Proteini (%) Proteins (%)	0,068	*
Ureja (mg/100 mL) Urea (mg/100 mL)	0,091	**
Somatske stanice (x1000/mL) Somatic cells (x1000/mL)	0,154	***

MMK – mliječnost na muzni dan (Yield per milking day), FCM – količina mlijeka korigirana na 4% masti (Fat corrected milk)

*** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$

Pri uzimanju uzorka mliječnost krava bila je statistički signifikantna ($r = -0,106$; $P < 0,001$) povezana s točkom ledišta mlijeka. Pri većoj mliječnosti točka ledišta bila je niža. U količini mlijeka korigiranoj na 4% masti (FCM) ta je korelacija bila još jače izražena ($r = -0,234$; $P < 0,001$).

Najviši korelacijski koeficijent izračunat je između točke ledišta i količine laktoze u mlijeku ($r = -0,530$; $P < 0,001$).

Relativno visok korelacijski koeficijent bio je zabilježen između točke ledišta i udjela masti u mlijeku ($r = -0,351$; $P < 0,001$). Korelacijski koeficijenti proteina i ureje u mlijeku su pozitivni, relativno niski, ali statistički signifikantni. Pozitivan je također i korelacijski koeficijent između točke ledišta i broja somatskih stanica u mlijeku ($r = 0,154$; $P < 0,001$). Što je veći broj somatskih stanica u mlijeku, to je temperatura ledišta veća.

Laktoza je sastavni dio mlijeka i u najvećoj mjeri utječe na točku ledišta mlijeka. To potvrđuju i u literaturi navedeni statistički signifikantni negativni korelacijski koeficijenti između točke ledišta i sadržaja laktoze u mlijeku (Golc i Penca, 1987.; Wiederman i sur., 1993b; Elschner i sur., 1997.; Hribar, 2002.).

O povezanosti točke ledišta s udjelom masti u mlijeku, u stručnoj literaturi možemo pronaći vrlo različite podatke: od pozitivnih do negativnih korelacija, i tvrdnje da sadržaj masti u mlijeku ne utječe na točku ledišta. Statistički visoko signifikantna negativna korelacija u našem istraživanju ($r = -0,351$; $P < 0,001$), koju smo izračunali, zahtijeva objašnjenje i dodatna istraživanja.

Regresijska jednadžba za prognoziranje točke ledišta

Povezanost točke ledišta mlijeka s proučavanim parametrima potvrđeno je i izračunom regresijske jednadžbe, gdje su uključivana samo ona svojstva koja su pokazala statistički signifikantan utjecaj na vrijednost točke ledišta (mjesečne kontrole, trajanje laktacije, mast, proteini i laktoza).

Izračunatim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,698$) uključenih parametara objašnjeno je skoro 70% uzroka varijabilnosti točke ledišta mlijeka.

Zaključci

Temeljem provedenih istraživanja i dobivenih rezultata može se zaključiti:

- Prosječna vrijednost točke ledišta mlijeka je $-0,527$ °C s rasponom od $-0,562$ °C do $-0,423$ °C.
- Točka ledišta mlijeka se tijekom laktacije povisuje od $-0,532$ °C nakon teljenja do $-0,522$ °C na kraju laktacije.
- Najniža točka ledišta mlijeka je u prvoj i drugoj laktaciji ($-0,530$ °C), a najviša u petoj laktaciji ($-0,523$ °C).
- Točka ledišta mlijeka bila je najniža u svibnju i lipnju ($-0,538$ °C do $-0,532$ °C), a najviša u siječnju i travnju ($-0,517$ °C do $-0,519$ °C).

FREEZING POINT OF MILK IN A HERD OF HIGH YIELDING DAIRY COWS

Summary

Factors affecting the freezing point of milk in a herd of 200 Black and White cows with the average milk yield of 8 386 kg in the lactation and 8 328 kg in the standard lactation were examined. Over the period of one year (2002) and based upon 1 773 individual monthly collected milk samples with the average contents of 3.91% fat, 3.26% protein, 4.54% lactose, 33.4 mg/100 ml urea and 331 000 somatic cells per ml in milk were determined. The average freezing point of milk ($n = 1\ 680$) was estimated to be -0.527 °C, with a range from -0.562 °C to -0.423 °C. In 210 (12.5%) samples was higher than -0.515 °C. The lowest freezing point (-0.532 °C) was found in the samples collected in the first month after calving and highest (-0.522 °C) in the samples of 12th month of lactation. The differences between the freezing point of milk after the first and the second calving (-0.530 °C; $P < 0.05$) and those after the fifth calving (-0.523 °C; $P < 0.05$) were also significant. The samples collected in month from January to April (-0.538 °C to -0.532 °C) were significantly lower in comparison to samples collected in May and June (-0.517 °C and -0.519 °C). The following statistically significant correlation coefficients between cows' properties, milk composition and the freezing point of milk were found: month of lactation $r = 0.233$ ($P < 0.001$); lactation number $r = 0.196$ ($P < 0.001$); age of cows (years) $r = 0.231$ ($P < 0.001$); month of the year $r = 0.0253$ ($P < 0.001$); milk yield per milking day $r = -0.106$ ($P < 0.001$); fat corrected milk content (FCM) per milking day $r = -0.234$ ($P < 0.001$); lactose % $r = -0.530$ ($P < 0.001$); fat % $r = -0.351$ ($P < 0.001$);

protein % $r = 0.058$ ($P < 0.05$); urea mg/100 mL $r = 0.091$ ($P < 0.001$) and somatic cell count $r = 0.154$ ($P < 0.001$). The sum of effects (month of the year, lactation length and fat, protein and lactose content of milk) was found to account for about 70% variability of the total depression of milk freezing point ($R^2 = 0.698$).

Key words: cows milk, chemical composition, freezing point, lactation, season

Literatura

- ARUNVIPAS, P., DOHOO, I.R., VAN LEEUWEN, J.A., KEEFE, G.P. (2003.): The effects of nonnutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 59: 83-93.
- BUCHBERGER, J. (1986.): Gefrierpunkt der Milch. Einflüsse von Melktechnik und Rasse. *Der Tierzüchter*, 38, 11: 248-250.
- ELSCHNER, M., JACOBI, U., BUCHBERGER, J., GRÜN, E. (1997.): Untersuchungen zum Gefrierpunkt von Kuhmilch am Beispiel eines grossen Milcherzeugerbetriebes. *DMZ–Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft*, 118, 4: 162-169.
- GOLC, S., PENCA, V. (1987.): Krioskopska točka mleka v povezavi z drugimi lastnostmi mleka. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani. *Kmetijstvo (Živinoreja)*, suplement, 11: 333-343.
- HRIBAR, A. (2002.): Zmrziščna točka mleka v povezavi z drugimi fizikalno kemijskimi lastnostmi in številom somatskih celic v mleku. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 42 strani.
- KIRCHGESSNER, M., KREUZER, M., ROTH-MAIER, D. (1986.): Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. *Archiv Tiernahrung*, 36: 192-198.
- KIRST, E., JACOBI, U., ELSCHNER, M., ROTTGER, K., HUTH, R. (2000.): Der Gefrierpunkt der Rohmilch: Ursachen nicht fremdwasserbedingter Abweichungen des Gefrierpunkt der Milch. *DMZ*, 17: 732-738.
- KLOPČIČ, M. (2003.): Pregled laktacijskih zaključkov za obdobje 1.1.2002 do 31.12.2002. Domžale, Govedorejska služba (neobjavljeno).
- LARSON, B.L., SMOTH, V.R. (1984.): *Lactation*. London, Academic Press: 425 str.
- LOMBAR, R. (1998.): Voda v mleku. *Kmetovalec*, 66: 33-34.
- MICHALCOVA, A. (1997.): Vplyv stadia a poradia laktacie na teplotu tuhnutia mlieka. *Acta Zootechnica*, 53: 31-37.
- OREŠNIK, A. (1996.): Vodenje prehrane krav molznic. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 46 str. Pravilnik o veterinarskih pogojih za proizvodnjo in dajanje na trg surovega mleka, toplotno obdelanega mleka in mlečnih izdelkov. Ur.l. RS št. 28-1227/2004.

SAS (1996.): SAS/STAT Users Guide (Version 6, 4th Ed.). Cary, SAS Inst.

WIEDEMANN, M., BUCHBERGER, J., KLOSTEMEYER, H. (1993.): Ursachen für anomale Gefrierpunkte der Rohmilch. DMZ-Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft, 114, 23: 656-663.

Adrese autora - Author's addresses:

Doc. dr. sc. Slavica Golc Teger
Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko,
Laboratorij za mlekarstvo, Ljubljana

Doc. dr. sc. Andrej Lavrenčič
Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko,
Katedra za prehrano, Ljubljana

Aša Grahelj, dipl. ing.
Biotehniška fakulteta,
Oddelek za zootehniko, Ljubljana

Prispjelo – Received: 10. 01. 2005.

Prihvaćeno – Accepted: 23. 03. 2005.