

**Promena zapremine mleka zbog promene temperature
značajna u prometu**
**(Milk Volume Change Due to Temperature Change Significant
in Commerce)**

Dr. Dobrivoje PROKIĆ, Savezni zavod za mere i dragocene kovine, Beograd

Stručni rad — Professional Paper

UDK: 637.053

Frispjelo: 1. 3. 1988.

Sažetak

U ovom radu pokušano je da se na stručno popularan način i u sažetoj formi prikaže da je promena zapremine mleka zbog promene temperature značajna u prometu (kupoprodaji) na relaciji od proizvođača do potrošača mleku.

Summary

This paper presents, in concised form, change in the volume of milk with variation of temperature, which is significant in commerc, in relations between producer and consumer.

Sa stalnim porastom proizvodnje — potrošnje mleka i visoke cene na tržištu, sve je izraženija potreba da se ostvari jedinstvo merenja mleka, odnosno da se obezbedi pravičnost između isporučioaca (prodavca) i primaoca (kupca) zapremine mleka u prometu.

Merila zapremine mleka (mlekomeri), i pored toga što su ispravna, pregledana i žigosana od strane Saveznog zavoda za mere i dragocene metale odnosno njegovih organa KM, potrebna su ali ne i dovoljna da obezbede pravičnost između isporučioaca i primaoca zapremine mleka u prometu, jer ne koriguju promenu zapremine mleka zbog promene temperature, na primer: od $+30^{\circ}\text{C}$ (odmah nakon muže) do $+6^{\circ}\text{C}$ (nakon hlađenja).

Zbog velikog zapreminskog širenja, pri istoj masi mleka, s porastom temperature raste zapremina mleka i obratno, sa smanjenjem temperature smanjuje se zapremina mleka. Drugim rečima, u prometu zapremine mleka pri povišenoj temperaturi u dobitku je isporučilac, a u gubitku primalac, a pri sniženoj temperaturi u dobitku je primalac, a u gubitku isporučilac zapremine mleka (naravno, u odnosu na zapreminu pri referentnoj temperaturi!), pod uslovom da se ne koriguje zapremina mleka zbog promene temperature. Ukoliko se zapremina mleka zbog promene temperature koriguje onda se u prometu ostvaruje pravičnost između isporučioaca i primaoca zapremine mleka.

Promena zapremine mleka zbog promene temperature naročito može da dođe do izražaja u prometu velikih zapremina mleka pri velikim promenama temperature i visokim cenama mleka (mada »visoke cene mleka« mogu biti subjektivne, u zavisnosti da li ih posmatraju proizvođači — prodavci ili potrošači — kupci mleka).

Treba napomenuti da se u ovom radu ne razmatra promena zapremine mleka zbog plinova u mleku i isparavanja koja odlaze van suda.

Da bi se ta problematika prikazala na objektivnan način, treba poći od fizičkog svojstva da se tečnosti (mleko) šire s porastom temperature, i to znatno više od čvrstih tela. Zbog velike pokretljivosti molekula, tečnosti (mleko) zauzimaju zapreminu suda u kome se nalaze, pri čemu treba uzimati u obzir i toplotno širenje suda. S obzirom da se tečnosti (mleko) znatno više šire s porastom temperature od čvrstih tela, u našem razmatranju zanemarit ćemo širenje suda, mada za potpunija izračunavanja treba i to uzeti u obzir.

Ako se pretpostavi da je:

V_1 zapremina mleka pri temperaturi t_1 , L (ili dm^3)

V_2 zapremina mleka pri temperaturi t_2 , L

$\Delta V = V_2 - V_1$ promena zapremine mleka, L

$\Delta t = t_2 - t_1$ promena temperature mleka, $^{\circ}\text{C}$

β koeficijent zapreminskog širenja mleka (zapreminski koeficijent toplotnog širenja mleka) $1/^{\circ}\text{C}$ (ili $1/\text{K}$)

onda se može izvesti osnovna formula za određivanje promene zapremine mleka ΔV s promenom temperature Δt u sažetom obliku:

$$\Delta V = V_1 \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (1)$$

ili u proširenom obliku:

$$V_2 = V_1 \cdot [1 + \beta \cdot (t_2 - t_1)] \quad (2)$$

Na bazi formule (1), koeficijent zapreminskog širenja mleka β predstavlja količnik relativnog zapreminskog širenja $\Delta V/V_1$ i razlike temperature Δt , odnosno:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Treba istaći da je koeficijent zapreminskog širenja mleka β karakterističan za svaku vrstu mleka posebno.

Koeficijent zapreminskog širenja β slabo zavisi od temperature, pa se za aproksimativne proračune u praksi može uzeti njegova srednja vrednost (za temperature od 0° do $+40^{\circ}\text{C}$).

Ako je razlika temperature $\Delta t = t_2 - t_1$ pri zagrevanju mleka pozitivna, onda je ona pri hlađenju mleka negativna.

Treba napomenuti da se voda javlja kao izuzetak pri širenju tečnosti. Koeficijent zapreminskog širenja vode u intervalu od 0°C do $+4^{\circ}\text{C}$ ima negativnu vrednost.

Pri zagrevanju tečnosti, odnosno mleka menja se ne samo zapremina nego i gustina mleka. S obzirom da se promena zapremine mleka određuje na bazi β , a β se određuje na bazi promene gustine mleka, ukratko ćemo obraditi i promenu gustine mleka.

Za određivanje promene gustine mleka zbog promene temperature treba poći od izraza za masu mleka:

$$M = V_1 \cdot D_1 = V_2 \cdot D_2 \quad \text{ili} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (4)$$

gde je: V_1 i D_1 , zapremina i gustina mleka na temperaturi t_1 , L i kg L^{-1} .

V_2 i D_2 , zapremina i gustina mleka na temperaturi t_2 , L i kg L^{-1} .

Ako se u izrazu (2) zameni vrednost za V_2/V_1 iz izraza (4), onda se za određivanje gustine mleka D_2 na temperaturi t_2 dobija izraz u obliku:

$$D_2 = \frac{D_1}{1 + \beta (t_2 - t_1)} = \frac{D_1}{1 + \beta \cdot \Delta t} \quad (5)$$

Formula (5) omogućava da se odredi gustina mleka D_2 pri temperaturi t_2 , na bazi gustine mleka D_1 pri temperaturi t_1 i koeficijenta zapreminskog širenja β .

Treba napomenuti da su formula (5) za gustinu mleka i formula (2) za zapreminu mleka opravdane i za gustinu i zapreminu čvrstih tela, pod uslovom da se u njima koeficijent zapreminskog širenja β zameni s 3α , gde je α koeficijent linearnog širenja čvrstih tela.

Posebno treba istaći da za određivanje promene zapremine mleka s promenom temperature, formule (1) i (2) i promene gustine mleka s promenom temperature, formula (5), treba poznavati vrednost koeficijenta zapreminskog širenja mleka β za svaku vrstu mleka pri različitim temperaturama. (Napomena: β se može odrediti za svaku vrstu mleka na bazi merenja gustine mleka u zavisnosti od temperature pomoću piknometarske metode, objavljene u »Mljekarstvo«, 12, 1987).

S obzirom da sve vrste mleka sadrže veliki procenat vode, za približna izračunavanja (često dovoljna u praksi) može se uzeti da koeficijent zapreminskog širenja mleka β ima približno istu vrednost i da se malo menja s promenom temperature (na primer: u opsegu od $+6^\circ\text{C}$ do $+30^\circ\text{C}$).

Ako se uzme da je $\beta = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ (određen približno pomoću formule (5) i tabele u prilogu 10 u citiranoj literaturi, (Šćerbakov, 1985), onda se prema formuli (3) dobija izraz za promenu zapremine mleka u obliku:

$$\frac{\Delta V}{V_1 \cdot \Delta t} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ } 1/^\circ\text{C} = 0,021\% / ^\circ\text{C} \quad (6)$$

Formula (6) omogućava da se brzo odredi približna promena zapremine mleka s promenom temperature.

Primer. Kolika je razlika u zapremini mleka, ako se mleko preuzima preko mlekomera pri temperaturi od $+30^\circ\text{C}$ (odmah nakon muže) i nakon hlađenja pri temperaturi od $+6^\circ\text{C}$? Zapremina preuzetog mleka preko mlekomera iznosi 500 L na temperaturi od $+30^\circ\text{C}$.

Rešenje. Prema formuli (2), dobija se zapremina mleka V_1 na temperaturi $t_1 = +6^\circ\text{C}$:

$$V_1 = \frac{V_2}{1 + \beta (t_2 - t_1)} = \frac{500}{1 + 2,1 \cdot 10^{-4} (30 - 6)} = 497,5 \text{ L}$$

Razlika zapremine mleka je:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 500 - 497,5 = 2,5 \text{ L}$$

Ako se uzme u obzir da se mleko preuzima u više sudova od po 500 l, onda se može zaključiti da je promena zapremine mleka s promenom temperature značajna u prometu i da je treba uzimati u obračun, naravno pod uslovom da to bude regulisano odgovarajućim propisom.

Literatura

- PROKIĆ D. (1987): Primena tabele za svodenje gustine mleka na referentnu temperaturu od 20 °C, **Mljekarstvo**, 37 (12), 355—356.
- PROKIĆ, D. (1987): Jedna metoda za merenje gustine mleka pomoću piknometra, **Mljekarstvo**, 37 (12) 357—359.
- ŠCERBAKOV, V. G.: Osnovi upravljanja kačestvom produkciji i tehnohimičeskij kontrol žirov i žirozamenitelej, Agropromizdat, Moskva, 1985.