

Kryoskopia v mliekárstve

VLADIMÍR PALO

Súhrn. Kryoskopia má v mliekárstve, najmä v mliekárskej laboratórnej praxi, nezastupiteľné miesto.

Práca zhŕňa poznatky o kryoskopickom stanovení zvodnenia mlieka a o faktoroch, ktoré môžu ovplyvniť presnosť stanovenia. Ďalej podáva prehľad kryoskopických metód na stanovenie obsahu NaCl v mliečnych výrobkoch a v soľnom kúpeli, uvádza príklady kryoskopického stanovenia sacharidov v mlieku a mliečnych výrobkoch, stupňa zrenia syrov, vodnej aktivity syrov, molekulovej hmotnosti rozpustenej zložky v roztoku, dôkazu prítomnosti srvátky v sušenom mlieku, stanovenie obsahu beztukovej sušiny v obohatenom mlieku, ako aj kryoskopického stanovenia stupňa zahustenia mlieka spracúvaného ultrafiltráciou alebo reverznou osmózou.

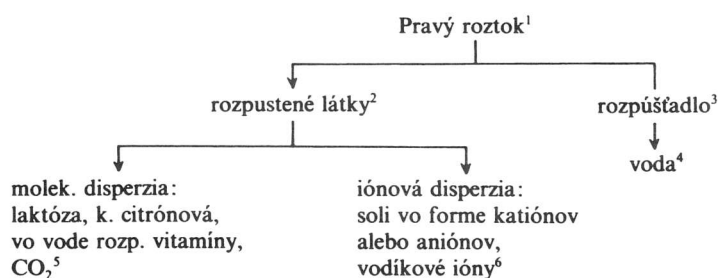
Kryoskopiou sa označuje stanovenie teploty tuhnutia kvapalných sústav, kvapalín alebo roztokov. Mlieko má teplotu tuhnutia (t_i) nižšiu ako voda. Spôsobujú to tie zložky mlieka, ktoré sú v ňom prítomné v pravom roztoku (pozri obr. 1).

Teplota tuhnutia mlieka má pomerne konštantnú hodnotu. Úzko súvisí s osmotickým tlakom mlieka, ktorého hodnota je veľmi blízka osmotickému tlaku krvi pretekajúcej sekrečnou žľazou dojnice.

Termodynamické základy a experimentálnu techniku kryoskopie dopracovali už pred viac ako sto rokmi Raoult, vant' Hoff a Beckmann. Vant' Hoffov zákon zaoberajúci sa depresiou teploty tuhnutia ideálnych zriedených roztokov sa môže považovať za matematický základ kryoskopie [44]. Teória kryoskopie vzhľadom na jej aplikáciu v mliekárstve je obsírne opísaná [3, 21—23, 33, 40, 44, 45].

Od r. 1921, keď Hortvet vyvinul kryoskopickú metódu na stanovenie zvodnenia mlieka [28], až po súčasnosť aplikácia kryoskopie v mliekárskej laboratórnej

praxi zaznamenala veľký rozmach. Postupne sa prešlo od zdĺhavého a experimentálne náročného stanovenia t_i s použitím termometrovej techniky k termistorovej kryoskopii vyznačujúcej sa jednoduchosťou, zvýšenou presnosťou a možnosťou rýchlej sériovej analýzy. Zavedením termistorovej kryoskopie do mliekárskej laboratórnej praxe sa výrazne zvýšil význam tejto metódy a jej rozšírenie.



Obr. 1. Mliečne sérum ako pravý roztok [41].

Fig. 1. The milk serum like true solution [41]. (1 — true solution, 2 — diluted compounds, 3 — solvent, 4 — water, 5 — molecular dispersion: lactose, citric acid, water-soluble vitamins, CO₂, 6 — ionic dispersion: salts in a form of cations or anions, hydrogen ions.)

U nás sa podľa ČSN 570530 na stanovenie t_i mlieka predpisuje klasická metóda použitím Beckmannovho teplomera. Štandard IDF 108:1982 alebo 108:1986 [27] už ráta s použitím termistorového kryoskopu. Táto metóda má opakovateľnosť 0,004 °C a reprodukovateľnosť $\pm 0,005$ °C.

Experimentálne bola preverená vhodnosť rôznych kryoskopov, ale i osmometrov na stanovenie t_i mlieka. Poukázalo sa pritom, okrem iného, i na možný výskyt chýb pri stanovení t_i termistorovým kryoskopom [45, 46]. Dôležitosť jednotlivých pracovných operácií ako aj charakteru niektorých častí termistorového kryoskopu pre presnosť metódy stanovenia t_i mlieka je zvýraznená i v medzinárodnom štandarde ISO [60].

V posledných rokoch sa aplikácia kryoskopie v mliekárskej laboratórnej praxi rozšírila okrem kontroly zvodnenia mlieka, aj na sledovanie iných vlastností mlieka a mliečnych výrobkov, kde vhodne nahrádza niektoré experimentálne zložité a zdĺhavé klasické metódy [55].

Ďalej prehľadne opíšeme možnosti využitia kryoskopie v mliekárstve.

Kryoskopické stanovenie porušenia mlieka vodou

Z prehľadu literatúry vidieť, že kryoskopia sa doteraz najviac využívala a ešte stále využíva na rýchle a presné stanovenie zvodnenia mlieka. Princíp metódy je založený na tom, že štandardná hodnota t_i mlieka sa prídavkom vody znižuje smerom k t_i vody (0°C). Zmena t_i mlieka je priamo úmerná množstvu pridanej vody. Príklad je uvedený v tab. 1.

Tabuľka 1. Zmena hodnôt t_i mlieka zapríčinená účinkom zvodnenia [21]

Table 1. Changes of t_i values caused by watering of milk [21]

	t_i ($^\circ\text{C}$)	Zníženie t_i ⁴ ($^\circ\text{C}$)
Destilovaná voda ¹	0,00	—
Kravske mlieko ²	−0,524	−0,524
Kravske mlieko + voda ³	−0,492	+0,032

1 — Distilled water, 2 — Cow milk, 3 — Cow milk + water, 4 — decrease of t_i value.

Hodnota t_i surového čerstvého kravského mlieka sa podľa ČSN 570530 pohybuje v rozmedzí $-0,530^\circ\text{C}$ až $-0,570^\circ\text{C}$. Kozie mlieko má priemernú hodnotu t_i $-0,578^\circ\text{C}$, ovčie $-0,550^\circ\text{C}$ až $-0,590^\circ\text{C}$ a spravidla nikdy neklesne pod hodnotu $-0,560^\circ\text{C}$ [30].

Presnosť stanovenia zvodnenia mlieka ovplyvňuje správne určenie skutočnej hodnoty t_i pôvodného, vodou nenarušeného mlieka. Zistili sa viaceré faktory, ktoré môžu ovplyvniť hodnotu t_i štandardného mlieka. Tieto sú uvedené v mnohých prácach [8—13, 21, 35, 43, 44, 47—50, 56]. Ide najmä o vplyv zastúpenia niektorých zložiek mlieka, a to najmä laktózy (napr. korelačný koeficient medzi pridanou vodou do mlieka a obsahom laktózy je $-0,7915 \pm 0,0264$ [3]), solí, beztukovej sušiny, plemena dojníc, počtu mikroorganizmov a bunkových elementov v mlieku, laktačnej periódy, zdravotného stavu dojnice, spôsobu dojenia, spôsobu ustajnenia, intervalov medzi pôdojmami, úrovňou výživy, ročného obdobia a pod. Podobné štúdium sa robilo i pri ovčom mlieku [1].

Pri konzumných druhoch mlieka k faktorom, ktoré by mohli ovplyvniť t_i , patrí mliekárské spracovanie mlieka. Pri ňom sa čiastočne mení obsah beztukovej sušiny a tým i hodnota t_i . Stupeň zmien závisí od rôznych postupov mliekárskoho ošetrovania mlieka a od prevádzkových podmienok (pasterizácia, UHT ohrev, skladovanie mlieka a pod.). Táto problematika bola obsiahne spracovaná a opísaná [7, 20, 22, 34].

Z príspevku mliekárskoho spracovania mlieka na zmenu t_i možno odvodiť, že zahrevom mlieka nedochádza k takému ovplyvneniu v zastúpení laktózy (ktorá sa zo zložiek mlieka podiela na hodnote t_i až 80 %), aby sa to výraznejšie prejavilo na zmene t_i . O ostatných látkach, ktoré sa podieľajú na tvorbe t_i

mlieka, možno zhrnúť: chloridy sa zázehvom mlieka nemenia, zmeny v bilancii rozpustných a nerozpustných Ca soli kyseliny fosforečnej sú ohraničené a takmer bezvýznamné. Hodnoty t_i mlieka surového a tepelne ošetreného sú v tab. 2.

Tabuľka 2. Porovnanie hodnôt t_i tepelne ošetreného mlieka [22]

Table 2. Comparison of t_i values in the heat-treated milk [22]

Druh mlieka ¹	Teplota tuhnutia ² (°C)	
	1. séria ³	2. séria ⁴
Surové mlieko ⁵	−0,514	−0,532
Paster. mlieko ⁶ (82 °C)	−0,516	−0,533
UHT mlieko – priamy zázehv	−0,519	−0,534
UHT mlieko – nepriamy zázehv	−0,516	−0,532
UHT mlieko – priamy zázehv + sterilizácia	−0,516	

1 Sort of milk, 2 freezing point depression, 3 1st series, 4 2nd series, 5 Raw milk, 6 Pasteurized milk, 7 UHT milk direct heating, 8 UHT milk indirect heating, 9 UHT milk direct heating + sterilization.

Z uvedeného vyplýva, že presnosť kryoskopického stanovenia narušenia mlieka vodou závisí od správnej voľby hodnoty t_i štandardného neporušeného mlieka. Preto treba experimentálne zistiť priemernú hodnotu t_i mlieka produkovaného v danej lokalite s prihliadnutím na plemeno, krmný režim a pod. IDF odporúča pre tento účel použiť štandardnú hodnotu t_i −0,520 °C. S touto hodnotou sa spracovala aj bilancia zvodnenia mlieka v Českej republike [39]. Pre mlieko v juhozápadnej časti Slovenska sa aplikovala hodnota t_i −0,530 °C [38].

Kryoskopické stanovenie obsahu NaCl

Princíp metódy spočíva v tom, že zmena koncentrácie NaCl priamo ovplyvňuje zmenu hodnôt t_i v mlieku a mliečnych výrobkoch, či v iných vedľajších výrobkoch a pomocných materiáloch. V tejto súvislosti treba pripomenúť, že vodný roztok NaCl sa používa aj na kalibráciu kryoskopov (tab. 3).

Uvedeným spôsobom možno stanoviť obsah soli v solenom masle vo vodnom výluhu masla, v syre a v soľnom kúpeli [51, 54–57]. Ide o rýchlu, presnú a lacnú metódu. Pri masle a syre treba poznať aj ich t_i pred solením.

Tabuľka 3. Hodnoty t_f roztokov chloridu sodného [27]
Table 3. t_f values of sodium chloride solutions [27]

g NaCl.l ⁻¹	Teplota tuhnutia ¹	
	°C	°H*
6,849	-0,408	-0,422
7,818	-0,464	-0,480
8,149	-0,483	-0,500
8,314	-0,492	-0,510
8,480	-0,502	-0,520
8,646	-0,512	-0,530
8,811	-0,521	-0,540
8,977	-0,531	-0,550
9,143	-0,541	-0,560
10,155	-0,600	-0,621

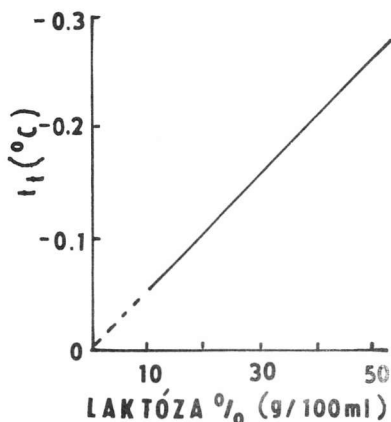
*1 °H (Hortvetov stupeň; Hortvert's degree) = 1,0356 °C.

1 freezing point depression

Stanovenie sacharidov v mlieku a v mliečnych výrobkoch

Hydrolyza disacharidov na jednoduché sacharidy má za následok zvýšenie t_f oproti pôvodnému disacharidu. Zvýšenie t_f roztoku je v priamej závislosti od počtu mólov uvoľneného monosacharidu. Z uvedeného vyplýva, že kryoskopiu možno použiť na stanovenie koncentrácie laktózy v mliečnych výrobkoch [59], alebo na monitorovanie enzýmovej hydrolyzy laktózy použitím β -galaktozidázy [2, 29, 36, 37, 42, 58]. Na rovnakom princípe je založené stanovenie sacharózy (invertáza).

Enzýmo-kryoskopická metóda sa úspešne využila na stanovenie laktózy a sacharózy v základnej zmesi mrazených smotanových krémov [26], pri štúdiu vplyvu tepelného ošetrovania mlieka na enzýmovú hydrolyzu laktózy [52], pri sledovaní nárastu kyslosti a hydrolyzy laktózy pri príprave jogurtu so zníženým obsahom laktózy [18], ako aj pri stanovení laktózy v mäkkých syroch [55]. Enzýmo-kryoskopickú metódu možno použiť tiež na stanovenie laktózy v prítomnosti iných redukujúcich sacharidov [55]. Z ďalších aplikačných možností kryoskopického stanovenia sacharidov možno uviesť štúdium interakcií rôznych sladidiel a stabilizátorov v základnej zmesi mrazených smotanových krémov [53]. Na obr. 2 je znázornená závislosť t_f od obsahu laktózy v srvátke.



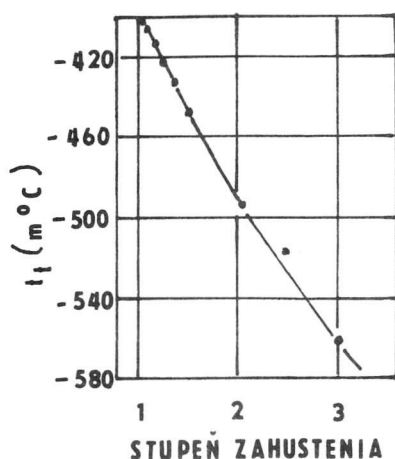
Obr. 2. Vzťah medzi obsahom laktózy v srvátke a príslušnými hodnotami t_1 [59].

Fig. 2. Relationship between lactose amount in a whey and respective t_1 values [59].

Použitie kryoskopie pri kontrole stupňa zahustenia mlieka ultrafiltráciou

Kessler a kol. [32] upozornili, že pomocou kryoskopie možno rýchlo a spoľahlivo určiť stupeň zahustenia mlieka pri jeho spracovaní ultrafiltráciou (aj reverznou osmózou). Zistili totiž lineárnu závislosť medzi hodnotami t_1 ultrafiltrátu a stupňom zahustenia (obr. 3).

Pri reverznej osmóze je uvedená závislosť ešte výraznejšia. Výskum širšej použiteľnosti kryoskopie v membránových procesoch ďalej pokračuje.



Obr. 3. t_1 permeátu získaného ultrafiltráciou plnotučného mlieka [32, 55].

Fig. 3. t_1 of permeate which was obtained by ultrafiltration of whole milk [32, 55].

Použitie kryoskopie pri monitoringu proteolýzy v syroch

Francúzski mliekárski výskumní pracovníci vyvinuli jednoduchú, rýchlu a lacnú metódu na stanovenie stupňa zrenia syrov (tzv. index zrenia). Metóda je založená na kryoskopickom vyšetrení vodného výluhu syra [17].

Stručný opis metódy je nasledovný: 10 g syra sa vyluhuje v 40 ml vody 20 min pri 80 °C. V prefiltrovanom výluhu sa stanoví t_i . Zistená hodnota t_i sa porovná s hodnotou t_i použitej vody, čím sa získa tzv. index zrenia syra. Táto metóda má dobrú reprodukovateľnosť. Úspešne sa odskúšala na ementálskom syre, na camemberte a na syre Münster.

Vzťah tzv. indexu zrenia a N-zložiek syra je veľmi dobrý (tab. 4).

Tabuľka 4. Vzťah tzv. indexu zrenia k niektorým zložkám syra [17]
Table 4. Relationship between "ripening index" and some cheese components [17]

Vzťah indexu zrenia k: ¹	
N-nebielkovinný: celkový N ²	$r = 0,835$
NH ₃	$r = 0,824$
N-rozpustný: celkový N ³	$r = 0,697$
NaCl	—
Ca	—
Laktát ⁴	—
Sušina ⁵	—

r = korelačný faktor; Correlation factor.

1 — Relationship of the "ripening index" to:, 2 — N-non-proteinous : total N, 3 — N-soluble : total N, 4 — Lactate, 5 — Dry matter.

Kryoskopické stanovenie vodnej aktivity

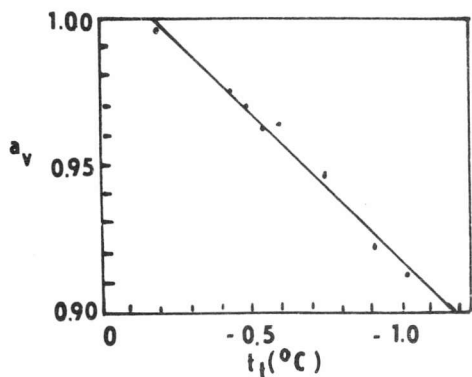
Vodná aktivita (a_v) sa vyjadruje pomerom tlaku pár vzorky (P) a tlaku pár vody (P_0) a to pri rovnakej teplote:

$$a_v = \frac{P}{P_0}$$

Vodná aktivita i teplota tuhnutia vychádzajú zo spoločného základu vyjadreného v Raoultových zákonoch [16]. Ich vzájomný vzťah je zjednodušene vyjadrený vo viacerých prácach, týkajúcich sa najmä stanovenia a_v v syroch — presnejšie v ich vodnom extrakte [14, 25, 31, 55].

Pri tejto príležitosti treba upozorniť aj na prehľadnú prácu o metódach stanovenia vodnej aktivity v potravinách [40].

Na obr. 4 je vyjadrená závislosť t_i a a_v syra.



Obr. 4. Vzťah t_l vodného extraktu syra k a_v [25].

Fig. 4. Relationship between t_l of cheese water extract and a_v [25].

Metóda je zaťažená chybou $\pm 0,002$ jednotiek a_v . Dá sa použiť na stanovenie a_v v kvapalných mikrobiologických živných pôdach, ako aj v základnej zmesi smotanových mrazených krémov [55].

Iné možnosti aplikácie kryoskopie

Pomocou kryoskopie možno za určitých podmienok stanoviť molekulovú hmotnosť rozpustenej látky v roztoku, a to zo vzťahu:

$$t_l = E_k \frac{g_2 \times 1000}{M_2 g_1}$$

kde t_l je teplota tuhnutia, E_k — kryoskopická konštanta rozpúšťadla, g_1 — hmotnosť rozpúšťadla, g_2 — hmotnosť rozpustenej látky, M_2 — molekulová hmotnosť rozpustenej látky.

Uvedený spôsob aplikácie kryoskopie spomína Wolfschoon—Pombo vo svojej práci o využití kryoskopie v mliekárskej laboratórnej praxi [55]. Uvádza príklad stanovenia molekulovej hmotnosti oligopeptidov pomocou diferenciálnej kryoskopie [19].

Sušená sladká srvátka obsahuje viac vo vode rozpustných molekúl na jednotku hmoty ako sušené mlieko. Z toho vyplýva, že srvátka musí mať i vyššiu teplotu tuhnutia. Na tomto princípe sa vypracovala spoľahlivá metóda, ktorou možno kryoskopicky určiť množstvo pridanej srvátky do sušeného mlieka. Možno stanoviť už 2,5 % prídavok srvátky do mlieka [15].

Z ďalších príkladov aplikácie kryoskopie v mliekárskej laboratórnej praxi možno ešte uviesť stanovenie beztukovej sušiny mliečného séra v obohatenom (fortified) mlieku. Zistilo sa, že každé zvýšenie prídavku beztukovej mliečnej sušiny o 0,1 % spôsobí pokles hodnoty t_l o 0,0067 °C [24].

Záver

Kryoskopia má v mliekárskej laboratórnej praxi nezastupiteľné miesto. Uplatňuje sa v nej už niekoľko desaťročí. Zatiaľ čo v začiatkoch sa používala najmä na dôkaz náhodného alebo cieleného zvodnenia mlieka a k štúdiu faktorov, ktoré môžu ovplyvniť štandardnú hodnotu teploty tuhnutia mlieka, v ďalších rokoch sa kryoskopia začala uplatňovať i v ďalších oblastiach mliekárskej analytiky. Na základe kryoskopie sa v posledných desiatich rokoch vyvinulo viacero rýchlych a presných metód na stanovenie zložiek mlieka a mliečnych výrobkov. Kryoskopia patrí k progresívnym analytickým metódam využívajúcich modernú prístrojovú techniku. Ďalší vývoj prístrojovej techniky pre kryoskopiu jej poskytne nové aplikačné možnosti a ešte širšie využitie v mliekárskej praxi.

Literatúra

1. ANIFANTAKIS, E.—SIMIRIOTI, G., *Deltio Ethnikes Epitropes Galaktos Ellados*, 2, 1985, s. 5—15.
2. BAER, R. J.—FRANK, J. E.—LOEWENSTEIN, M., *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 63, 1980, s. 587—590.
3. BLAU, G., *Dtsch. Milchwirtschaft*, 35, 1984, s. 164—166.
4. BOSSET, J. O.—RÜEGG, M., *Alimenta*, 23, 1984, s. 163—170.
5. BROUWER, T., *Neth. Milk Dairy J.*, 35, 1981, s. 159—175.
6. BUCHBERGER, J., *Dtsch. Molkerei-Ztg.*, 107, 1986, s. 244, 246—252.
7. BUCHBERGER, J., *Dtsch. Molkerei-Ztg.*, 107, s. 375—380.
8. BUCHBERGER, J., *Dtsch. Molkerei-Ztg. Welt der Milch*, 40, 1986, s. 497—503.
9. BUCHBERGER, J., *Milchwissenschaft*, 41, 1986, s. 278—280.
10. BUCHBERGER, J., *Tierzüchter*, 38, 1986, s. 248—250.
11. BUCHBERGER, J., *Tierzüchter*, 38, 1986, s. 471—474.
12. BUCHBERGER, J.—GRAML, R., *Dtsch. Molkerei-Ztg.*, 109, 1988, s. 1346—1350.
13. BUCHBERGER, J.—GRAML, R.—WOLFSCHOON-POMBO, A. F., *Dtsch. Molkerei-Ztg.*, 107, 1986, s. 1066—1077.
14. CABEZAS, L.—MARCOS, A.—ESTEBAN, M. A.—FERNANDEZ-SALGUERO, J.—ALCALÁ, M., *Food Chem.*, 30, 1988, s. 59—66.
15. CASTAÑEDA, R.—FERNANDEZ, G.—CALÓ, M.—PASQUALINI, A., *Neth. Milk Dairy J.*, 41, 1987, s. 69—79.
16. CAURIE, M., *Food Sci.*, 48, 1983, s. 648—649.
17. COURROYE, M., *Rev. Laitiere Fr.*, 1987, č. 462, s. 53—54.
18. DARIANI, D. N.—FRANK, J. F.—LOEWENSTEIN, M., *Cultured Dairy Prod. J.*, 17, 1982, s. 18—22.
19. DAWENPORT, G.—STIMSON, E. R.—SCHERAGA, H. A., *Anal. Biochem.*, 142, 1984, s. 500—505.
20. DILLIER-ZULAUF, A., *Dtsch. Molkerei-Ztg.*, 92, 1971, s. 1704—1710.
21. DILLIER-ZULAUF, A., *Alimenta*, 23, 1984, s. 139—143.

22. DILLIER-ZULAUF, A., Dtsch. Molkerei-Ztg., 37, 1985, s. 1214—1227.
23. DILLIER-ZULAUF, A., Sci. Tec. Lattiero-Casearia, 36, 1985, s. 473—507.
24. EFSTATHIOU, J. D., Chimica Chronica, 11, 1982, s. 111—119.
25. ESTEBAN, M. A.—MARCOS, A.—FERNANDEZ-SALGUERO, J., Food Chem., 25, 1987, s. 31—39.
26. FRANK, J. F.—CHRISTEN, G. L., J. Food Sci., 49, 1984, s. 1332—1334, 1349.
27. HARDLING, F., IDF Bull., 207, 1986, s. 198—207.
28. HORTVET, J., Ind. Eng. Chem., 13, 1921, s. 198—216.
29. CHEN, S. L. Y.—FRANK, J. F.—LOEWENSTEIN, M., J. Assoc. Off. Anal. Chem., 64, 1981, s. 1414—1419.
30. JANÁL, R.—BLAHOVEC, J.: Fysikální vlastnosti mléka. Praha, STI PP 1974, 158 s.
31. KAIRYUKSHTE, I., In: Sborn. Nauč. Trudov. Litovskii Filial Vsesojuzn. Naučno-Issled. Inst. Maslodelnoj i Syrodelnoj Promyšl., 17, 1983, s. 75—77 (cit z Dairy Sci. Abstr., 49, 1987, s. 370 (3183)).
32. KESSLER, H. G.—FINK, R.—KULOZIK, U., Dtsch. Molkerei-Ztg. Welt der Milch, 39, 1985, s. 397—401.
33. KLOSTERMEYER, H.—WOLFSCHOON-POMBO, A. F.—GRAML, R.—BUCHBERGER, J., Milchwissenschaft, 41, 1986, s. 278—280.
34. MAYR, M., Dtsch. Milchwirtschaft, 37, 1986, s. 797—801.
35. MITCHELL, G. E., Austr. J. Dairy Technol., 41, 1986, s. 57—62.
36. NICKERSON, T. A.—VUJICIC, I. F.—LIN, A. Y., J. Dairy Sci., 59, 1976, s. 386—390.
37. NIJPELS, H. H.—EVERS, P. H.—NOVAK, G.—RAMET, J. P., J. Food Sci., 45, 1980, s. 1684—1687.
38. PALO, V.—FÁBRY, I.—HOSTÍN, S.: Kryoskopické štúdium akosti mlieka. I. Mlieko nakupované bratislavským mliekárskym závodom. Poľnohospodárstvo 1991 (v tlači).
39. PETERKOVÁ, L.—CVAK, Z.—HAVELKA, J., Prům. Potr., 40, 1989, s. 81—82.
40. PRIOR, B. A., J. Food Protection, 42, 1979, s. 668—674.
41. PUHAN, Z., Alimenta, 23, 1984, s. 82—84.
42. RAMET, J. P.—NOVAK, G.—EVERS, P. A.—NIJPELS, H. H., Lait, 59, 1979, s. 46—55.
43. RIEDER, K.—JEGERLEHNER, T.—GLATT-HARD, R., Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 74, 1983, s. 99—109.
44. RÜEGG, M.—BOSSET, J. O.—BLANC, B., Alimenta, 23, 1984, s. 102—108.
45. RÜEGG, M.—BOSSET, J. O.—WITWER, A., Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 72, 1981, s. 345—358.
46. SCHÄFER, K., Dtsch. Milchwirtschaft, 37, 1986, s. 796.
47. SCHMID, H.—GUTHY, K., Dtsch. Molkerei-Ztg., 104, 1983, s. 1162—1168.
48. SOBECK-SKAL, E., Milchwirtsch. Berichte, 39, 1974, s. 135—137.
49. THOMASOW, J., Dtsch. Molkerei-Ztg. Welt der Milch, 36, 1982, s. 813—816.
50. UNGER, A.—TAKÁČZ, G.—BABELLA, G.—KISS, G.—TÓTH, M., Tejipar, 33, 1984, s. 49—56.
51. WALENTA, W., Dtsch. Molkerei-Ztg., 106, 1985, s. 1078—1084.
52. WENDORFF, W. L.—AMUNDSON, C. H.—OLSON, N. F., J. Food Milk Technol., 33, 1970, s. 377—379.
53. WITTINGER, S. A.—SMITH, D. E., Milchwissenschaft, 41, 1986, s. 766—769.
54. WOLFSCHOON-POMBO, A. F., Milchwissenschaft, 39, 1984, s. 328—329.
55. WOLFSCHOON-POMBO, A., Dtsch. Molkerei-Ztg., 3, 1986, s. 36—43.
56. WOLFSCHOON-POMBO, A. F.—Da COSTA, D. L. S., Milchwissenschaft, 40, 1985, s. 276—278.

57. WOLFSCHOON-POMBO, A. F.—De LIMA, A.—EMALDI, J. C., *Milchwissenschaft*, 38, 1983, s. 349—351.
58. ZALAZAR, C. A.—MEINARDI, C. A.—De ZALAZAR, S. B., *Sci. Tec. Lattiero-Casearia*, 32, 1981, s. 309—315.
59. ZARB, I. M.—HOURIGAN, J. A., *Austr. J. Dairy Technol.*, 34, 1979, s. 184—186.
60. Int. Organization for Standardization. *Milk Determination of freezing point. Thermistor cryoscope method. Int. Standard 1987 ISO 5764: 1987.*

Do redakcie došlo 6. 2. 1991

Криоскопия в молочной промышленности

Резюме

Криоскопия имеет в молочной промышленности — главным образом в молочной лабораторной практике незаменимое место.

Работа обобщает знания о криоскопическом определении обводнённости молока и о факторах, которые могут повлиять на точность определения. Далее улучшает наглядность криоскопических методов для определения содержания NaCl в молочных продуктах и в соляной ванне, приводит примеры криоскопического определения углеводов в молоку и в молочных продуктах, степень созревания сыров, активности воды сыров, молекулярной массы растворимого компонента в растворе, доказательство присутствия сыворотки в сухом молоке, определение содержания безжирного сухого остатка в обогащенном молоке как и криоскопическое определение степени сгущения молока обработанного ультрафильтрацией или реверсивным осмосом.

Cryoscopy in dairy industry

Summary

Cryoscopy represents the non-replaceable method in dairy industry, especially in dairy laboratory practice.

This paper completes the information on cryoscopic determination of watered milk, as well as on the factors which can have an influence upon the determination accuracy. Furthermore, the review of cryoscopic methods for NaCl determination in dairy products and in a salt bath, is shown. The following examples of cryoscopic determination are quoted in this paper: sugar determination in milk and dairy products, degree of cheese ripening, water activity of cheese, molecular weight of diluted component in a solvent, the proof of the whey occurrence in a milk powder, determination of fat-free dry matter in the fortified milk, cryoscopic determination of the concentration degree of milk was treated by ultrafiltration or by reverse osmosis.