

- Braun, P., Fehlhaber, K., Klug, C., Kopp, K. (1999): Investigations into the activity of enzymes produced by spoilage-causing bacteria: a possible basis for improved shelf-life estimation. *Food Microbiol.* 16: 531 - 540.
- Chen, L., Daniel, R.M., Coolbear, T. (2003): Detection and impact of protease and lipase activities in milk and milk powders. *Int. Dairy J.* 13: 255 - 275.
- Chen, L., Coolbear, T., Daniel, R.M., (2004): Characteristics of proteinases and lipases produced by seven *Bacillus* sp. isolated from milk powder production lines. *Int. Dairy J.* 14: 495 - 504.
- Dave, R.I., Shah, N.P. (1997): Characteristics of bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* LA-1. *Int. Dairy J.* 7: 707 - 715.
- Guinot-Thomas, P., Al Ammouy, M., Le Roux, Y., Laurent, F., (1995): Study of proteolysis during storage of raw milk at 4 °C: effect of plasmin and microbial proteinases. *Int. Dairy J.* 5: 685 - 697.
- Hayes, M.C., Boor, K. (2001): Raw milk and fluid milk products. V knize Marth, E. H., Steel, J. L. *Applied Dairy Microbiology*, 2<sup>nd</sup> edition, str. 59 - 76. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. ISBN 0-8247-02536-X.
- Jeurnink, Th.J.M. (1991): Effect of proteolysis in milk on fouling in heat exchangers. *Neth. Milk Dairy J.* 45: 23 - 32.
- Ma, Y., Barbano, D.M., Santos, M., (2003): Effect of CO<sub>2</sub> addition to raw milk on proteolysis and lipolysis at 4 °C. *J. Dairy Sci.* 86: 1616 - 1631.
- Matta, H., Punj, V. (1998): Isolation and partial characterization of a thermostable extracellular protease of *Bacillus polymyxa* B-17. *Int. J. Food Microbiol.* 42: 139 - 145.
- Tůma, Š., Vogensen, F.K., Ardö, Y. (2005): Antiklostridiální aktivita laktobacilů izolovaných z polotvrdých sýrů. *Mlékařské listy* 93: 18 - 21.
- ČSN EN ISO 4833 Mikrobiologie potravin a krmiv - Horizontální metoda pro stanovení celkového počtu mikroorganismů - Technika počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. ČNI, Praha, 2003.

Přijato do tisku 20. 2. 2009

Lektorováno 15. 3.2009

## HUSTOTA MLÉKA A SMETANY V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ A OBSAHU TUKU

**Snášelová Jana, Motyčková Markéta, Zikán Vladimír**  
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.

### Depending of milk and cream density on temperature and fat content

#### Abstrakt

Znalosti o hustotě mléka a smetany jsou důležitou součástí přípravy technologických a technických návrhů zařízení a kontrol mlékárenských procesů.

Provedená měření hustoty byla shrnuta do formy tabulek, ve kterých jsou uvedeny závislosti hustot mléka a smetany na teplotě (5 °C až 40 °C) a obsahu tuku pro mléko (0,6 % až 5,6 %) a smetanu (12 % až 43 %). Vybrané výsledky měření vykazovaly dobrou shodu s literárními referencemi.

Publikace je určena zejména pracovníkům mlékařských laboratoří pro praktické použití.

#### Abstract

Knowledge on density of milk and cream is important part of technological and technical dairy equipment proposal preparing and checking of dairy processes.

Dependences of milk and cream density on temperature (5 °C to 40 °C) and content of fat in milk (0,6 % to 5,6 %) and fat in cream (12 % to 43 %) was showed in the summary sheets from performance measuring of density. Selected results of measuring showed good conformity with references.

The publication is addressed namely to dairy laboratory workers for practical application.

#### Úvod

Příspěvek je určen pracovníkům mlékárenských laboratoří, kteří se v provozu setkávají s měřením hustoty mléka a smetany ve standardních podmínkách, a pokud se jedná o příjem mléka v hmotnostních jednotkách namísto objemových i v podmínkách příjmu syrového mléka.

Mléko je komplexní koloidní disperze, jehož fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti závisí na vnitřních kompozičních a strukturálních faktorech a externích faktorech jako je teplota a celkové zatížení mléka od nadojení. Nelze udělat jasnou linii mezi fyzikálními a fyzikálně chemickými vlastnostmi.

Znalosti o fyzikálních vlastnostech, tedy i hustotě, jsou důležitou součástí technologických a technických návrhů a kontrol mlékárenských procesů a výrobního zařízení. Tyto znalosti jsou jednou z podmínek pro vhodné návrhy a plánování nových metod analýzy mléka, stanovení mléčné mikrostruktury a objasnění komplexních chemických reakcí mléka.

#### Literární souhrn - hustota mléka a smetany

##### Hustota obecně

Hustota ( $\rho$ ) je definována jako hmotnost na jednotku objemu a obvykle je vyjadřována v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  nebo v  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (2). Hustota mléka a mléčných výrobků se používá k přepočtu objemového měření na gravimetrické a naopak, a k výpočtu dalších fyzikálních vlastností, jako je kinematická viskozita a tepelná difuzivita. Měření hustoty je také nepřímý postup měření koncentrace celkové sušiny, vhodný i pro kontrolu falšování mléka vodou. Měření hustoty in-line se často používá pro účely kontroly technologických mlékárenských procesů, mimo jiné pro celkovou sušinu mléčných koncentrátů z odparek nebo pro standardizaci mléka na výrobu sýrů.

Hustota mléka je výslednicí hustot jeho tří hlavních složek: vody, tukuprosté sušiny (bílkovin, laktózy a solí) a tuku, které jsou v běžném mléce obsaženy v poměru 87:9:4. S jakoukoliv změnou jedné ze složek se hustota mléka mění. Obecně platí, že s rostoucím obsahem tuku a s klesajícím obsahem sušiny hustota mléka klesá. Hustota mléka je rovněž ovlivněna teplotou, kdy s rostoucí teplotou hustota mléka klesá. Čerstvě nadojené mléko dosahuje hustot 1027,7 - 1032,0  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , které se rychle mění se změnou obsahu plynů v mléce. Dále může hustota záviset i na plemenu dojníc a fázi laktace. Sterilizace, pasterace ani homogenizace nemají na hustotu mléka vliv (2).

Některé další informace o hustotě a způsobu jejího měření jsou uvedeny v literatuře (1):

- měření hustoty je současně nepřímé měření celkové sušiny produktu a tím tedy informací o možném přídatku vody do mléka
- in-line měření hustoty je používáno jako kontrola procesu při výrobě (kontrola a měření celkové sušiny při zahušťování nebo standardizaci mléka při výrobě sýrů)
- hustota mléka při 20 °C [ $\rho^{20}$  (kg·m<sup>-3</sup>)] závisí na jeho složení a může být vypočítána z hustoty a obsahu jednotlivých složek. Hodnoty hustoty složek mléka uvádí tab 1.

**Tab. 1** Hustota složek mléka

Složka mléka	$\rho^{20}$ (kg·m <sup>-3</sup> )
Voda	998,2
Tuk	918
Bílkoviny	1400
Laktóza	1780
Ostatní sloučeniny	1850

- hustota mléka závisí na složení, na teplotě a na teplotní historii (hustota klesá se zvyšující se teplotou díky teplotní expanzi)
- největší vliv na hustotu má obsah tuku a podíl tuku v kapalném stavu (nižší hustota) a v tuhém stavu (vyšší hustota); poměr kapalného ku tuhému tuku závisí na teplotě a na teplotní historii
- nejlepších výsledků je dosahováno při měření hustoty po zahřátí mléka na 40-45 °C s několikaminutovou výdrží pro dosažení úplného roztání tuku a s následným zchlazením na 20 °C
- hustota mléčných výrobků (mléko, syrovátka, zahuštěné mléko, slazené zahuštěné mléko a čerstvě zmražený mražený smetanový krém) je obecně měřena:
  - vážením známého objemu (pyknometr, hydrostatické váhy),
  - určením míry potopení předmětu použitím hustoměru a laktometru,
  - hydrostatickým vážením ponořené baňky na Westfalských nebo analytických vahách
  - měřením objemu při známé hmotnosti produktu použitím dilatometru
- výběr způsobu zjišťování hustoty závisí na požadované přesnosti a na požadované rychlosti stanovení
- dilatometry mohou být použity při různých teplotách s přesností 1.10<sup>-5</sup> nebo 1.10<sup>-6</sup> g.ml<sup>-1</sup>

**Tab. 2** Závislost hustoty mléka na teplotě a obsahu tuku.

tuk %	t=5°C	t=10°C	t=15°C	t=20°C	T=25°C	t=30°C	t=35°C	t=40°C
0,6	1035,4	1034,6	1033,7	1032,6	1031,2	1029,8	1028,1	1026,2
1,41	1035,1	1034,1	1033,0	1031,7	1030,3	1028,7	1027,0	1025,1
2,53	1033,8	1032,8	1031,7	1030,4	1029,0	1027,4	1025,6	1023,7
3,47	1033,2	1032,0	1030,6	1029,1	1027,6	1025,8	1024,0	1022,1
4,23	1032,9	1031,7	1030,3	1028,4	1026,8	1024,95	1023,1	1020,9
4,63	1032,5	1031,1	1029,6	1028,1	1026,4	1024,6	1022,8	1020,8
5,6	1031,4	1030,1	1028,7	1027,1	1025,4	1023,6	1021,7	1019,7

Hustota je uvedena v kg.m<sup>-3</sup>, tuk je v g / 100 g (= %), teplota ve °C

- pyknometry nabízejí přesnost až do 5.10<sup>-6</sup> g.cm<sup>-3</sup>, ale jejich nevýhodou je dlouhé ustavování teplotní rovnováhy a možnost ztráty tuku, u tučných výrobků, v kapiláře; použitím pyknometru se ale vyvarujeme chyby způsobené vypařováním při vyšších teplotách při měření hustoty laktometrem nebo hydrostatickými vahami
- nejobvyklejší způsob měření hustoty představují laktometry, což jsou speciální hustoměry pro určení mléčné tukuprosté sušiny (MSNF) a celkové sušiny mléka; jsou v mlékařství oblíbené pro jejich jednoduchost a rychlost, sice nezměří velké množství vzorků, ale nevyžadují nákladné a složité zařízení a metodiku
- pro stanovení MSNF nebo celkové sušiny mléka je většinou používán Quevennův laktometr, jeho stopka je kalibrována na hodnoty mezi 15 a 40, což reprezentuje hustotu od 1,015 do 1,040 g.cm<sup>-3</sup>
- rozpuštěný plyn výrazně snižuje hustotu, která je tedy závislá na tlaku; měření hustoty za regulovaného tlaku je jedním ze způsobů určení obsahu plynu v tekutých mléčných výrobcích

### Hustota syrového mléka

Experimentální měření závislosti hustoty mléka na obsahu tuku a teplotě je uvedeno v literárním odkazu (2).

Pro rozsah teplot od 5 °C do 40 °C a obsah tuku 0,6 % až 5,6 % byly naměřeny hodnoty uvedené v tabulce 2.

Se zvyšujícím se obsahem tuku a stoupající teplotou hodnota hustoty klesá.

Listinnou tabelovanou formu experimentálních dat hustoty mléka v ČR, měřenou laktodenzitometrem (nejobvyklejší způsob měření hustoty mléka), v závislosti na obsahu tuku a teplotě pro plnotučné a odstředěné mléko v rozsahu teplot 15 °C až 25 °C lze získat v ČSN 57 0530 čl. 63.

### Hustota sladké smetany

V literatuře (3) je popisována řadou matematických funkcí pro její závislosti na obsahu tuku a teplotě včetně jednotlivých tabelovaných údajů.

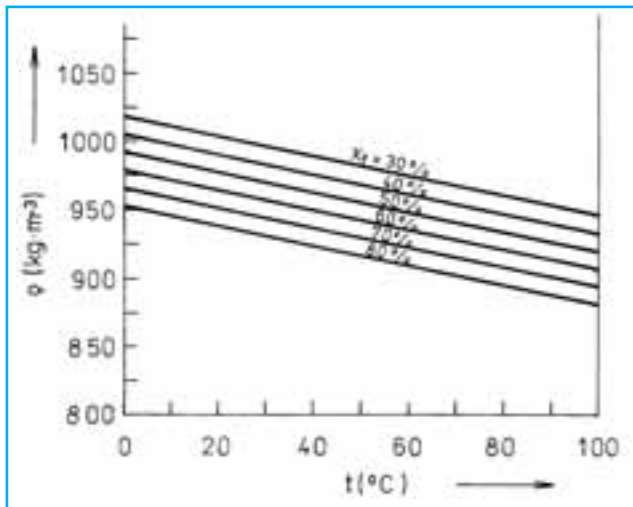
S rostoucím obsahem tuku i s rostoucí teplotou hustota smetany klesá. V teplotním rozmezí 0 °C až 95 °C a v rozmezí obsahu tuku cca 28 % až 83 % lze tyto vztahy i naměřená data jednotlivě uváděná vystihnout s dobrou přesností dvouparametrovou rovnicí:

$$\rho = 1056,8 - 1,3 \cdot x_f - 0,72 \cdot t \quad (1)$$

Kde,  $x_f$  je obsah tuku ve smetaně v %

$t$  je teplota smetany ve °C

**Graf 1:** Závislost hustoty sladké smetany na teplotě



Průběh funkce je lineární, jak je patrné z grafu 1.

Poznámka: Stejný autor uvádí rovněž hodnotu bodu tuhnutí smetany (velmi málo sledovaný parametr), která je (-2,2) °C pro obsah tuku ve smetaně 40 %.

### Experimentální část

Stanovení hustoty smetany experimentálně bylo realizováno laktodenzitometrickým měřením hustoty smetany z tržní sítě ČR s obsahem tuku 12 - 43 % při teplotách 5 - 40°C. Hustota byla měřena ověřenými hustoměry s rozsahem 900-1000 kg/m<sup>3</sup> s nejistotou měření 0,38 kg.m<sup>-3</sup> a s rozsahem 1000-1100 kg.m<sup>-3</sup> s nejistotou měření 0,39 kg.m<sup>-3</sup>. Obsah tuku byl stanoven butyrometricky.

**Příklad výpočtu** podle literatury a z experimentálních dat pro hustotu smetany s obsahem tuku 43 % při teplotě t = 40 °C

$$\rho = 1056,8 - 1,3 x_f - 0,72 t \Rightarrow \text{hustota (y)} = \mathbf{972,1 \text{ kg.m}^{-3}}$$

výpočet podle rovnice (1)  
**971 kg.m<sup>-3</sup>** (experimentálně zjištěno hustoměrem)

**Příklad výpočtu** podle literatury a z experimentálních dat pro hustotu smetany s obsahem tuku 12 % při teplotě t = 40 °C

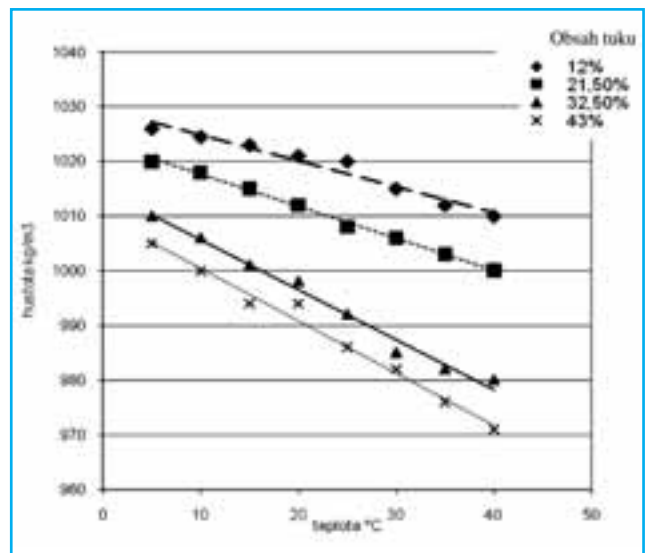
$$\rho = 1056,8 - 1,3 x_f - 0,72 t \Rightarrow \text{hustota (y)} = \mathbf{1012 \text{ kg.m}^{-3}}$$

výpočet podle rovnice (1)  
**1010 kg.m<sup>-3</sup>** (experimentálně zjištěno hustoměrem)

**Tab. 3** Závislosti hustoty smetany v kg.m<sup>-3</sup> na obsahu tuku a teplotě.

teplota °C	Obsah tuku ve smetaně			
	12%	21,5%	32,6%	43%
5	1026	1020	1010	1005
10	1024,5	1018	1006	1000
15	1023	1015	1001	994
20	1021	1012	998	994
25	1020	1008	992	986
30	1015	1006	985	982
35	1012	1003	982	976
40	1010	1000	980	971

**Graf 2:** Závislosti hustoty smetany v kg.m<sup>-3</sup> na obsahu tuku a teplotě



Z výše uvedeného příkladu plyne, že shodnost údajů zjištěných různým způsobem je přijatelná.

### Závěr

Výše uvedené poznatky svědčí o nutnosti znát a používat hodnoty hustoty mléka a smetany v běžné mlékařské praxi. Tabelované, experimentálně zjištěné hodnoty uvedené v tomto příspěvku, mohou praxi ulehčit zejména v případech, kdy je třeba rychle znát hodnotu hustoty produktů např. pro přepočítání objemových na hmotnostní množství.

## Příležitost pro odborníka v oblasti mlékařského průmyslu.

Hledáme poradce pro podnikatelský záměr výstavba a provoz sýrárny. Ideální kandidát bude osvědčený odborník na výrobní procesy vysoce kvalitních speciálních sýrů a jejich marketing.

Zkušenosti se zpracováním kozího mléka je plus.

Dlouhodobá spolupráce, podmínky dle dohody.

Lokalita: Rožnov pod Radhoštěm, Zlínský kraj.

**Kontakt: Christina Herman 571610115, mobil 728432827, weeazel3@hotmail.com**

### Poděkování

Tato práce byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (výzkumný záměr MSM2672286101).

### Literatura

1. Roginski H. a kol.: Encyklopedia of Dairy Science, díl 1 a 3, str. 96-97 a 1812-1813, Academic Press, 2003
2. Snášelová J., Buchvaldková T.: Aktualizovaná data hustoty mléka ve vztahu k nové legislativě, Mlékařské listy 78/2003
3. Houška M. a kol.: Vybraná inženýrská data pro potravinářský průmysl - mléko, mléčné výrobky a polotovary, VÚPP, 1990

*Přijato do tisku 10. 3. 2009*

*Lektorováno 25. 3. 2009*

## ČEŠTÍ VĚDCI SPOLUPRACUJÍ NA NOVÉ DETEKCI BAKTERIÍ V MLÉCE

14. 3. 2009

### Zapojení českých řešitelů do specifických projektů pro MSP v prioritě zemědělství, potravinářství a vodní hospodářství v 6.RP

V uvedené prioritě je celkem 63 projektů kooperativního výzkumu a 22 projektů kolektivního výzkumu.

Z hlediska témat se čeští řešitelé nejaktivněji zapojili do řešení projektů s problematikou chovu ryb. Další nejčastěji řešenou problematikou bylo mlékárenství. Na řešení kooperativního výzkumu FERRBEV (fermentované nápoje) se podílela firma Plastcom, a.s. - Mlékárna Příšovice. Mezi řešiteli dalšího projektu, MILQ-QC-TOOL (optimalizace tepelného zpracování mléka), nalezneme dvě české organizace - asociaci Wirelessinfo a výrobce mlékárenských výrobků, firmu Laksyma, a.s. z moravských Nedakonic. Na řešení projektu kolektivního výzkumu PATHOMILK, zaměřeného na rychlou a operativní detekci patogenů v mléce, se podílela firma se širokým spektrem v oboru mlékárenství MILCOM, a.s., Výzkumný ústav mlékárenský a Ústav radiotechniky a elektroniky AV ČR. Koordinátorem úkolu je Centre de Recerca i Investigacio de Catalunya S.A. (Španělsko).



### Projekt Pathomilk

Nová detekční technologie, na jejímž vývoji se podílejí i čeští vědci, by mohla snížit finanční ztráty, které farmářům každoročně vznikají kvůli bakteriálním onemocněním krav, a také zlepšit kvalitu potravin. Metoda má totiž rychle a přesně zjistit například původce bakteriálního zánětu kravského vemene, což zefektivní léčbu a sníží ztráty mléka. Na financování projektu se podílí Evropská komise a je do něj zapojeno 22 výzkumných ústavů, podniků a asociací z osmi zemí EU.

Podle Jiřího Homoly z Ústavu fotoniky a elektroniky Akademie věd ČR dokáže detekční systém díky novému biosenzoru velmi rychle identifikovat patogenní bakterie v kravském mléce. Zatímco nyní laboratorní rozbor zabere i několik dní, tak pomocí této metody by jej farmář podle Petra Roubala z firmy Milcom mohl mít k dispozici ještě týž den, kdy vzorek odebere a vloží do přístroje. Výrazně nižší má být i podíl nesprávných výsledků testů, což je pro správnou léčbu stejně důležité jako rychlost stanovení původce onemocnění.

Detekční metoda ještě musí projít zevrubným testováním.

Odborníci z několika evropských zemí ale ještě detekční metodu musí testovat, aby ji důkladně prověřili. Je proto podle nich zatím předčasné odhadovat, kdy by mohl světlo světa spatřit komerční prototyp detektoru.

### Dojení

S napětím očekávají výsledky testování i farmáři. Podle Tima Brigstockeho z britské asociace chovatelů mléčného skotu je totiž bakteriální zánět mléčné žlázy u krav velkým problémem. Ve Velké Británii připadá na sto krav 40 až 50 případů této bakteriální choroby, přičemž v každém z nich farmáři přicházejí v průměru o 150 až 200 liber.

Uplatnění by ovšem mohla nová technologie na detekci bakterií najít i mimo zemědělství. Homola zmínil například kontrolu potravin, biotechnologie, zdravotnictví či ochranu před biologickým terorismem.

*zdroj: ČTK*

*ECHO č. 6 / 2008*

*Informace o evropském výzkumu, vývoji a inovacích*