

trole čistoty a identity při pravidelných obnovách jednotlivých kmenů.

Čisté kmeny bakterií a houbových mikroorganismů je vhodné ve sbírkách uchovávat dvěma způsoby. Ve sbírce CCDBC jsou kmeny bakterií uchovávány ve formě lyofilizátu při 10 °C a pomocí kryokonzervace v -40 °C (v příslušném médiu dle tabulky č. 1 s přídatkem 20 % glycerolu). Lyofilizace byla provedena ve specializované laboratoři Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze-Ruzyni. Kvasinky a vláknité houby jsou uchovávány na šikmých agaroch s příslušným médiem (tabulka č. 1) při 8 °C a kryokonzervací s glycerolem při -40 °C. Kvasinky na šikmých agaroch jsou zalité parafinem. Takto uložené kultury se obnovují v určených intervalech, případně pokud výrazně klesne počet uložených kusů daného kmene.

Závěr

Do Sbírký mlékárenských a pekárenských kontaminantů bylo v roce 2019 deponováno 49 kmenů bakterií, plísní a kvasinek převážně z mléčných výrobků a mlékárenských provozů. V dalších letech se sbírka bude rozšiřovat o izoláty z pekárenských provozů, zejména z různých kvasů, v souladu s řešením projektů NAZV, které jsou zaměřené na antifungální aktivitu a funkční a technologické vlastnosti mikroorganismů v mléčných výrobcích a kvasech.

Poděkování

Vznik sbírky mlékárenských a pekárenských kontaminantů je spolufinancován Ministerstvem zemědělství ČR v rámci programu NPGZ a projekty MZe NAZV QK1910024 a QK1910036.

Seznam literatury

- AL-ANATI L., PETZINGER E. (2006): Immunotoxic activity of ochratoxin A. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 29, s 79-90.
- BRAGULAT M. R., MARTÍNEZ E., CASTELLÁ G., CABAÑES F. J. (2004): Selective efficiency of culture media recommended for isolation and enumeration of *Fusarium* spp. *Journal of Food Protection*, 67, s. 207-211.
- DWORKIN M., FALKOW S., ROSENBERG E., SCHLEIFER K-H., STACKE-BRANDT E. (2006): *The prokaryotes: A handbook on the biology of bacteria, vol. 4: Bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria* (3. vydání). Springer New York. ISBN 978-0387-25494-4, 1140 s.
- GARNIER L., VALENCE F., MOUNIER J. (2017): Diversity and control of spoilage fungi in dairy products: an update. *Microorganisms*, 5, s. 1-33.
- HYMERY N., VASSEUR V., COTON M., MOUNIER J., JANY J.-L., BARBIER G., COTON E. (2014): Filamentous fungi and mycotoxins in cheese: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, s. 437-456.
- CHAPRÃO M. J., SOARES da SILVA R. C. F., RUFINO R. D., LUNA J. M., SANTOS V. A., SARUBBO L. A. (2018): Production of biosurfactant from *Bacillus methylotrophicus* UCP1616 for use in the bioremediation of oil-contaminated environments. *Ecotoxicology*, 27, s. 1310-1322.
- KAUFMAN L., WEAVER R. H. (1960): Use of neutral red fluorescence for the identification of colonies of Clostridia. *Journal of Bacteriology*, 79, 292-194.
- KURTZMAN C. P., FELL J. W., BOEKHOUT T. (2011): The yeasts a taxonomic study (5. vydání). *Elsevier Science*. ISBN 978-0-123-84708-9, 2354 s.
- MURRAY P. R., ROSENTHAL K. S., PFALLER M. A. (2015): Medical Microbiology. *Elsevier*. ISBN 978-0-323-29956-5, 848 s.

O'TOOLE P. W., MARCHESI J. R., HILL C. (2017): Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. *Nature Microbiology*, 2, article number 17057.

SAMSON R. A., HOUBRAKEN J., THRANE U., FRISVAD J. C., ANDERSEN B. (2010): *Food and indoor fungi*. CBS- KNAW Fungal biodiversity centre Utrecht. ISBN 978-90-70351-82-3, 481 s.

SARANRAJ P., GEETHA M. (2011): Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives*, 3, s. 38-48.

SCHALLMEY M., SINGH A., WARD O. P. (2003): Developments in the use of *Bacillus* species for industrial production. *Canadian Journal of Microbiology*, 50, s. 1-17.

SPERBER W. H., DOYLE M. P. (2009): Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages. *Springer*, ISBN 978-1-4419-0826-1, 369 s.

STEIN T. (2005): *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology*, 56, s. 845-857.

SUTHERLAND R., BOON R. J., GRIFFIN K. E., MASTERS P. J., SLOCOMBE B., WHITE A. R. (1985): Antimicrobial activity of mupirocin (pseudomonic acid) a new antibiotic for topical use. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 27, s. 495-498.

Korespondující autor: Ing. Zuzana Dlouhá
Milcom a.s., Soběslavská 841, Tábor 390 02
e-mail: z.dlouha@vum-tabor.cz

Přijato do tisku: 5. 11. 2019

Lektorováno: 22. 11. 2019

SYROVÁTKA JAKO SUBSTRÁT K POTENCIÁLNÍ VÝROBĚ HYDROGELŮ PRO AGRÁRNÍ VYUŽITÍ

**Markéta Borková, Ladislav Bár, Jan Drbohlav,
Alexandra Šalaková, Vladimír Dráb, Ondřej Elich,
Martina Švejcarová, Jitka Peroutková**
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha

Whey as a substrate for the potential production of hydrogels for agricultural usage

Abstrakt

V této práci bylo analyzováno složení běžně dostupných druhů sladké a kyselé syrovátky vyrobené v českých mlékárnách. Podařilo se nám získat a analyzovat syrovátku z celkem 7 typů technologického zpracování mléka. Jednalo se o syrovátku sladkou, sladkou ředěnou, sladkou zahuštěnou, sušenou sladkou demineralizovanou, kyselou, kyselou z výroby termotvarohu a kyselou zahuštěnou z výroby termotvarohu. Stanoven byl obsah sušiny, popela, sýrového prachu, tuku, dusíkatých látek (bílkovin, nekaseinového dusíku a nebílkovinného dusíku), laktózy a vybraných nízkomolekulárních kyselin. Z fyzikálních parametrů byla stanovena hustota a pH syrovátky.

Získané výsledky poskytly přehled o složení běžně dostupných syrovátek v ČR, který byl porovnán s již známými poznatky. Na základě získaných souhrnných informací byla posouzena vhodnost jednotlivých typů syrovátky jako substrátu pro možnou výrobu hydrogelů. Nejvíce perspektivní pro výrobu hydrogelů se jeví kyselá syrovátka, která je charakteristická zejména vhodným složením bílkovin a nižším obsahem laktózy v porovnání s ostatními vzorky.

Klíčová slova: Sladká syrovátka, kyselá syrovátka, zahuštěná syrovátka, kyselina mléčná, hydrogel

Abstract

In this work, the composition of available ordinarily types of sweet and acid whey produced in Czech dairies was analyzed. We obtained and analyzed whey from 7 types of technological milk processing. It was sweet, diluted sweet, concentrated sweet, dried demineralized sweet, acid, acid from the production of thermo curd and concentrated acid whey from the production of thermo curd. The content of dry matter, ash, cheese fines, fat, nitrogenous substances (proteins, non-casein nitrogen and non-protein nitrogen), carbohydrates and selected low molecular acids was determined. Whey density and whey pH were determined as physical parameters.

From the obtained results was found an overview of actual composition of available whey, which was summarized and compared with already known knowledge. According to obtained summary information, the suitability of individual types of whey as a substrate for the possible production of hydrogels was evaluated. It turned out that acid whey is the most promising raw material for hydrogel production. It has good protein composition and low lactose content compared to other materials tested.

Keywords: Sweet whey, acid whey, concentrated whey, lactic acid, hydrogel

Úvod

Syrovátka patří k běžně dostupným surovinám v mlékárenském průmyslu a je vedlejším produktem výroby sýrů, tvarohů a kaseinů. V závislosti na typu koagulace mléka je možné získat syrovátku sladkou nebo kyselou. Sladká syrovátka pochází z výroby sýrů nebo kaseinových produktů, při které je dosaženo koagulace kaseinu enzymaticky přidavkem syřidla. Běžně se tento postup koagulace mléka používá především při výrobě tvrdých a polotvrdých sýrů – sýrů s vysoko a nízko dohřívanou syřeninou. Syrovátka vyrobená při tomto typu koagulace je charakteristická tím, že se její pH pohybuje přibližně v intervalu 6,0 až 6,5, a proto je pojmenována jako syrovátka sladká (Jelen, 2011). Pokud se pro koagulaci mléka používá zejména fermentace bakteriemi mléčného kvašení, případně přidání organických nebo minerálních kyselin má vyrobená syrovátka hodnotu pH přibližně 3,9 až 5,0 (Anand a kol., 2013; Khezri

a kol., 2016) a je nazývána jako syrovátka kyselá. Tento způsob koagulace mléka je typický pro výrobu čerstvých sýrů, tvarohů a průmyslových kyselých kaseinů.

I přesto, že je syrovátka zdrojem nutričně významných látek, jako jsou syrovátkové bílkoviny, vitaminy a minerální látky je často označována za odpadní materiál. Z důvodu svého složení, zejména vysokého obsahu laktózy, je navíc považována za problematickou odpadní surovinu. Její likvidaci je nutné věnovat značnou pozornost s ohledem na to, aby nedošlo k ekologickému zatížení prostředí (Ahmad a kol., 2019). Naštěstí v poslední době roste podíl jejího dalšího zpracování a využití pro nutriční účely. Takovým příkladem je výroba sušené sladké syrovátky ve formě koncentrátů (WPC) a izolátů syrovátkových proteinů (WPI) pro sportovce a k dalším potravinářským účelům. Intenzivně se hledají také jiné způsoby využití syrovátky než jen k výživě. Zajímavou možností se zdá být využití syrovátky k výrobě hydrogelů pro agrární účely.

Hydrogely jsou trojrozměrné sítě přírodních nebo syntetických polymerů se schopností absorbovat velké množství vody buď jejím fyzikálním, nebo chemickým zesíťováním (Ozel a kol., 2017). Jedním z využití těchto materiálů pak může být jako rezervoár vody s přínosem v boji se suchem v agrárním sektoru (Abobatta, 2018). Perspektivní se jeví výroba hydrogelů z materiálů biologicky rozložitelných a s netoxickými vlastnostmi, tedy např. na bázi proteinů jako syrovátkových proteinů a polysacharidů jako rýžový škrob, alginát a pektin (Ozel a kol., 2017). Možnost tvorby hydrogelů na bázi syrovátky je ovšem ovlivněná samotným složením syrovátky. Při vlastní analýze složení syrovátky je také důležité si uvědomit, že není vhodné stanovit jen hrubou bílkovinu vycházející z celkového obsahu dusíku, jak je v literárních zdrojích běžné, ale i obsah nebílkovinného a nekaseinového dusíku. Získané informace pak poskytují přehled o skutečném obsahu bílkovin (čistých) a syrovátkových bílkovin.

V naší práci jsme se zabývali mapováním složení běžně dostupných syrovátek vyrobených v českých mlékárnách. Dalším cílem bylo podle složení jednotlivých typů syrovátek posouzení jejich vhodnosti jako substrátu pro výrobu hydrogelů. Tento výzkum probíhá v rámci projektu č. QK1910392 s názvem „Ekologicky šetrné materiály pro intenzifikaci rostlinné výroby s půdoochrannými vlastnostmi na bázi obnovitelných zdrojů“ za podpory Ministerstva zemědělství ČR. Řešení projektu bylo zahájeno v letošním roce a jeho hlavním cílem je nejenom vyrobit, ale také reálně aplikovat hydrogel na bázi běžně dostupné syrovátky pro půdoochranné použití a ověřit funkčnost této aplikace v reálných podmínkách.

Materiál a Metody

Materiál:

Ve spolupráci s 5 českými mlékárnami bylo získáno 7 druhů syrovátky. Jednalo se o 1 ks sladké syrovátky,

1 ks sladké ředěné syrovátky (stejně jako sladká získaná z výroby eidamu, sýrové zrno bylo propláchnuto vodou), 1 ks sladké zahuštěné syrovátky (reverzní osmóza), 1 ks sušené sladké demineralizované syrovátky (90 % demineralizace, elektrodialýza), 2 ks kyselá syrovátky (ze dvou různých výroby), 2 ks kyselá syrovátky z výroby termotvarohu (ze dvou různých výroby) a 1 ks kyselá zahuštěná syrovátky z výroby termotvarohu (reverzní osmóza). Protože práce byla zaměřená na mapování složení běžně dostupných druhů syrovátky pro výše zmíněný projekt a shrnutí a ověření již většinou známých informací, byly vzorky pro naše účely odebrány pouze jednou. Po získání vzorku byl ihned popsán způsobem stanovení obsahu sýrového prachu. Pro další analýzy byl použit vzorek, u kterého byl odstraněn sýrový prach a který byl homogenně rozdělen a zamražen při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Metody:

Použité metody pro stanovení složení syrovátek jsou stručně popsány v následujícím textu, většinou vychází z normovaných postupů a jsou upraveny pro stanovení syrovátky. Stanovení bylo provedeno ve dvou paralelních analýzách.

Stanovení sušiny bylo provedeno gravimetricky při $102\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sušárna DRY-Line; VWR) podle ČSN ISO 6731 (2012).

Stanovení popela bylo provedeno gravimetricky v muflové peci (předsušení vzorku 2 hod při $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ a spalování 4 hod při $550\text{ }^{\circ}\text{C}$) podle ČSN 57 0530 (1974).

Stanovení sýrového prachu bylo uskutečněno gravimetricky, zvažením vysušeného filtračního koláče k hmotnosti celého vzorku a vyjádřeno v %. K tomuto účelu byl použit filtr Lakta 70 (VYROUBAL TEXTILES s.r.o.).

Stanovení tuku bylo provedeno butyrometricky podle ČSN ISO 2446 (2010).

Stanovení dusíkatých látek: celkového dusíku (TN) podle ČSN EN ISO 8968-1 (2014), *nekaseinového dusíku (NCN)* podle ČSN EN ISO 17997-1 (2006) a *nebílkovinného dusíku (NPN)* podle ČSN EN ISO 8968-4 (2016) bylo provedeno metodou podle Kjehldahla (přístroj Kjeltec 2300, Foss, Dánsko) s použitím různých způsobů srážení jednotlivých dusíkatých frakcí.

Stanovení profilu nízkomolekulárních kyselin (kys. mravenčí, citronové, fosforečné, mléčné, jantarové, asparagové, octové, glutamové, propionové a máselné) bylo provedeno kapilární izotachoforézou za použití Izotachoforetického analyzátoru EA 102 (Villa Labeco, Slovensko) podle interního postupu SOP č. 23.

Stanovení laktózy bylo uskutečněno kapilární elektroforézou s UV detekcí (G7100, Agilent Technologies, USA) podle modifikované metody Rovio a kol. (2007).

Stanovení hustoty bylo provedeno výpočtem z napipetovaných 25 ml vzorku (skleněná nedělená pipeta, třída přesnosti AS) a zjištěné navážky při laboratorní teplotě.

Stanovení pH s využitím pH metru InoLab pH 720 (WTW, Weilheim, Německo).

Výsledky a diskuse

Zjištěné výsledky pH, hustoty a sýrového prachu pro jednotlivé typy syrovátek jsou uvedeny v tab. 1. Stanovená hustota pro všechny syrovátky s výjimkou zahuštěných syrovátek se pohybuje v intervalu $1,022$ až $1,024\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Tyto hodnoty odpovídají údajům o hustotě syrovátky uváděným v práci Souza a kol. (2016). Pokles hustoty nebyl zaznamenán pro zředěnou sladkou syrovátku, což je způsobeno tím, že sušina tohoto vzorku se významně nelišila od ostatních tekutých nezahuštěných syrovátek. Pro zahuštěnou syrovátku byla dle předpokladu zjištěná hustota vyšší než pro nezahuštěné vzorky, a to $1,068\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ pro zahuštěnou sladkou a $1,100\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ pro zahuštěnou kyselou z výroby termotvarohu. Stanovené hodnoty pH se pro sladkou syrovátku pohybovaly v rozsahu $6,05$ až $6,59$. Hodnoty pH kyselá syrovátky byly zjištěny v úzkém intervalu $4,23$ až $4,47$, což je způsobeno zvýšením obsahu kys. mléčné vlivem kyselého srážení mléka.

Množství stanoveného sýrového prachu v syrovátkách je uvedeno v tab. 1. Nejvíce sýrového prachu bylo zjištěno ve vzorku č. 1 sladké ($0,135\%$) a č. 4 kyselá syrovátce ($0,548\%$) a pro zahuštěné vzorky č. 8 kyselá ($1,124\%$) a č. 9 sladká ($7,024\%$). Zahuštěné vzorky mají řádově vyšší podíl sýrového prachu z důvodu navýšení sušiny při jejich zakoncentrování. Dalším důvodem může být delší technologické zpracování, při kterém dochází k většímu zatížení vzorku (fyzikálnímu a mikrobiologickému), což může mít za následek zvýšenou tvorbu nerozpustných frakcí syrovátky. Výskyt většího množství sýrového prachu v syrovátce může být také informací o vadách vzniklých v průběhu výroby produktu jako např. nedostatečná pevnost sýřeniny nebo nedostatečně ostré nože na krájení sýřeniny. Tento stav může mít za následek až snížení výtěžnosti výroby sýrů příp. tvarohu, čímž ovlivňuje ekonomické parametry výroby. Je možné, že u vzorků s vyšším obsahem sýrového prachu, nebyly při výrobě optimálně nastaveny podmínky nebo se v některých krocích postup výroby lišil. V naší studii jsme zjistili, že rozdíl v obsahu sýrového prachu pro jednotlivé vzorky kyselá syrovátky (vzorky č. 3 až 6) by mohl

Tabulka 1 Hodnoty pH, hustoty a sýrového prachu vzorků syrovátek

| syrovátka | č. vzorku | pH | hustota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) | sýr. prach (%) |
|------------------------------|-----------|------|---|----------------|
| sladká | 1 | 6,59 | 1,022 | 0,135 |
| sladká ředěná | 2 | 6,56 | 1,024 | 0,020 |
| kyselá | 3 | 4,39 | 1,024 | 0,023 |
| kyselá | 4 | 4,45 | 1,023 | 0,548 |
| kyselá termotvaroh | 5 | 4,23 | 1,022 | 0,012 |
| kyselá termotvaroh | 6 | 4,47 | 1,022 | 0,015 |
| demi sladká suš. | 7 | - | - | - |
| kyselá zahuštěná termotvaroh | 8 | 4,41 | 1,100 | 1,124 |
| sladká zahuštěná | 9 | 6,05 | 1,068 | 7,024 |

mít částečnou souvislost s použitím odstředivkového způsobu výroby tvarohu. Pro vzorky č. 5 (0,012 %) a č. 6 (0,015 %) s nižším obsahem prachu byl použit odstředivkový způsob výroby tvarohu, který nebyl použit pro vzorky č. 3 (0,023 %) a č. 4 (0,548 %). V porovnání s ostatními vzorky je vysoká hodnota prachu pro vzorek č. 4 pravděpodobně způsobena i dalšími výrobními faktory. Samotná přítomnost sýrového prachu v syrovátce je pro další zpracování nežádoucí (např. z důvodu ucpávání membrán při další výrobě). Proto by se měla syrovátka od nežádoucích zbytků sraženiny čistit.

Největší obsah sušiny (tab. 2) byl dle očekávání potvrzen pro sušenou demineralizovanou syrovátku (96,5 %). Z tekutých vzorků byl vysoký obsah sušiny stanoven v reverzní osmóze zahuštěných vzorcích kyselé syrovátky z výroby termotvarohu (16,3 %; vzorek č. 8) a sladké syrovátky (16,5 %; vzorek č. 9). Pro nezahuštěné vzorky bylo zjištěno, že kyselá syrovátka má nižší obsah sušiny (5,68 až 6,24 %) než syrovátka sladká (6,84 %) a sladká ředěná (6,54 %). Je to způsobeno zejména nižším obsahem laktózy (4,05 až 4,33 % pro kyselou vs. 5,21 % pro sladkou a 5,15 % pro sladkou ředěnou) a v případě syrovátky z výroby termotvarohu i nižším obsahem bílkovin (0,10 a 0,18 % pro termotvaroh vs. 0,40 až 0,62 % pro ostatní nezahuštěné syrovátky, viz tab. 2). Při výrobě ter-

Pro sladkou syrovátku byl zjištěn nepatrně nižší obsah nebílkovinného dusíku/NPN (0,043 %) než pro kyselou syrovátku (0,046 až 0,071 %). Toto zjištění se zdá být ve shodě s výsledky popsányými Formanem a kol. (1979), který uvádí až 2,5krát větší množství aminokyselin a amoniaku a srovnatelné množství purinových zásad, kreatinu a kreatininu v syrovátce kyselé než ve sladké. Rozdíly v obsahu bílkovin při výrobě termotvarohu a klasického tvarohu se projeví také u výsledků zahuštěných vzorků. I přes podobný obsah sušiny byl stanoven významně nižší obsah syrovátkových bílkovin pro vzorek kyselé syrovátky z výroby termotvarohu (0,352 %; vzorek č. 8) než pro klasickou sladkou syrovátku (2,470 %; vzorek č. 9, tab. 3).

Stanovený obsah tuku v tekutých nezahuštěných syrovátkách nebyl vyšší než 0,06 % (tab. 2). V případě zahuštěných vzorků byl obsah tuku 0,14 % pro sladkou syrovátku resp. 0,36 % pro kyselou z výroby termotvarohu. Sušením syrovátky dochází k nejvýznamnějšímu zakonzentrování složek sušiny, což se projevilo také zjištěným nejvyšším obsahem tuku (0,50 %) v demineralizované sušené syrovátce.

Nižší obsah popela byl stanoven pro sladkou syrovátku (0,50 %; vzorek č. 1) než pro syrovátku kyselou (0,60 až 0,75 %; vzorky č. 3 až 6), což je pravděpodobně způsobeno tím, že část vápníku se při koagulaci syřidlem váže na kasein za tvorby nerozpustného parakaseinu, který přechází do sýra (Forman a kol., 1979). Naopak při kyselém srážení dochází k jeho uvolnění do syrovátky ve formě solí. Je nutné se zmínit o tom, že vliv na obsah minerálních látek by mohl mít také přírůstek CaCl_2 aplikovaný v průběhu některých výrob. Mapovali jsme přírůstek CaCl_2 , což je uvedeno v tabulce 2 u výsledků popela. Běžně se CaCl_2 přidává při výrobě sladké syrovátky, což bylo zjištěno i u námi analyzovaných vzorků. I přes tento přírůstek byl zjištěn nižší obsah popela pro sladkou syrovátku než pro kyselou bez

Tabulka 2 Základní chemické složení syrovátek

| Syrovátka | č. vzorku | sušina (%) | popel (%) | tuk (%) | bílkovina ¹ (%) | laktóza (%) |
|------------------------------|-----------|------------|-----------|---------|----------------------------|-------------|
| sladká | 1 | 6,84 | 0,50* | 0,06 | 0,62 | 5,21 |
| sladká ředěná | 2 | 6,54 | 0,49* | 0,05 | 0,60 | 5,15 |
| kyselá | 3 | 6,24 | 0,60 | 0,00 | 0,40 | 4,23 |
| kyselá | 4 | 6,02 | 0,67* | 0,01 | 0,54 | 4,33 |
| kyselá termotvaroh | 5 | 5,68 | 0,61* | 0,02 | 0,10 | 4,05 |
| kyselá termotvaroh | 6 | 6,07 | 0,75 | 0,01 | 0,18 | 4,14 |
| demi sladká suš. | 7 | 96,5 | 0,96* | 0,50 | 11,1 | 80,6 |
| kyselá zahuštěná termotvaroh | 8 | 16,3 | 2,32* | 0,36 | 0,40 | 11,9 |
| sladká zahuštěná | 9 | 16,5 | 1,97* | 0,14 | 2,42 | 11,0 |

¹ čistá bílkovina = $(\text{TN} - \text{NPN}) \times 6,38$

* výroba s přírůstkem CaCl_2 při koagulaci mléka

motvarohu je odstředěné mléko zahřáto na teplotu 82-92 °C po dobu 5 až 6 min s cílem denarovat syrovátkové bílkoviny, čímž dojde k jejich vazbě na kasein a následnému kyselému vysrážení s kaseinem. Před odstředěním je sraženina termizována při 60 °C po dobu přibližně 3 min. Tepelnou denaturaci syrovátkových bílkovin je zajištěna vyšší výtěžnost termotvarohu (Kadlec a kol., 2012). Pro syrovátku z výroby termotvarohu je pak typický nižší obsah bílkovin. Z našich výsledků (tab. 3) tuto skutečnost potvrzuje také nízký obsah nekaseinového dusíku/NCN a nízká vypočtená hodnota obsahu syrovátkových bílkovin/WP pro termotvaroh (0,108 a 0,188 %) v porovnání pro ostatní nezahuštěné syrovátky (0,394 až 0,646 %).

Tabulka 3 Obsah dusíkatých látek a syrovátkových bílkovin ve vzorcích syrovátek

| Syrovátka | č. vzorku | TN ¹ (%) | NCN ² (%) | NPN ³ (%) | WP ⁴ (%) |
|------------------------------|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| sladká | 1 | 0,140 | 0,144 | 0,043 | 0,646 |
| sladká ředěná | 2 | 0,135 | 0,133 | 0,041 | 0,587 |
| kyselá | 3 | 0,125 | 0,125 | 0,063 | 0,394 |
| kyselá | 4 | 0,131 | 0,126 | 0,046 | 0,507 |
| kyselá termotvaroh | 5 | 0,087 | 0,088 | 0,071 | 0,108 |
| kyselá termotvaroh | 6 | 0,090 | 0,091 | 0,061 | 0,188 |
| demi sladká suš. | 7 | 2,284 | 2,071 | 0,541 | 9,762 |
| kyselá zahuštěná termotvaroh | 8 | 0,260 | 0,253 | 0,198 | 0,352 |
| sladká zahuštěná | 9 | 0,482 | 0,489 | 0,102 | 2,470 |

¹ TN – celkový dusík; ² NCN – nekaseinový dusík; ³ NPN – nebílkovinný dusík;

⁴ WP (syrovátkové bílkoviny) = $(\text{NCN} - \text{NPN}) \times 6,38$

Tabulka 4 Obsah vybraných kyselin ve vzorcích syrovátke

| syrovátka | č. vz. | MRAV | CITR | FOSF | MLEČ | JANT | ASPAR | OCT | GLUT |
|-----------------------|--------|-----------|------|------|------|------|-------|------|------|
| | | mg/100 ml | | | | | | | |
| sladká | 1 | 5,9 | 172 | 106 | 27,7 | n.d. | 9,3 | n.d. | n.d. |
| sladká ředěná | 2 | 4,5 | 169 | 100 | 23,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| kyselá | 3 | 11,5 | 15,5 | 190 | 812 | 17,5 | 20,2 | 74,6 | 19,1 |
| kyselá | 4 | 8,0 | 32,5 | 189 | 760 | 19,0 | 10,4 | 63,8 | 17,3 |
| kyselá termotvaroh | 5 | 13,2 | 151 | 175 | 586 | 11,7 | 11,4 | 11,2 | n.d. |
| kyselá termotvaroh | 6 | 9,4 | 10,7 | 191 | 656 | 12,4 | 12,5 | 83,5 | 24,9 |
| demi sladká suš. | 7 | 8,8 | 315 | 58,1 | 39,6 | n.d. | 10,2 | 5,2 | n.d. |
| kyselá zahuš. termot. | 8 | 19,3 | 23,7 | 138 | 2247 | 31,4 | 29,5 | 170 | 45,6 |
| sladká zahuštěná | 9 | 3,73 | 517 | 315 | 104 | 12,5 | 14,2 | 20,8 | 24,3 |

Pozn.: MRAV – kys. mravenčí; CITR – kys. citrónová; FOSF – kys. fosforečná; MLEČ – kys. mléčná; JANT – kys. jantarová; ASPAR – kys. asparagová; OCT – kys. octová; GLUT – kys. glutamová
Kyselina propionová ani máselná není v tabulce uvedena, protože nebyla detekována v žádném vzorku,
nd – nedetekováno

přidavku CaCl₂ (vzorek 1 a 2 vs. vzorek 3 a 6) případně i s jeho přidavkem (vzorek 1 a 2 vs. vzorek 4 a 5). Naše výsledky odpovídají údajům z literatury, že v kyselé syrovátce je přítomen větší obsah minerálních látek než ve sladké (Jelen, 2011). V zahuštěných vzorcích byl zjištěn v souladu s vyšším obsahem sušiny, také vyšší obsah popela (2,32 % pro kyselou z výroby termotvarohu a 1,97 % pro sladkou). Dle očekávání bylo nejnižší množství popela v přepočtu na sušinu zjištěno ve vzorku demineralizované sušené syrovátky a to 0,99 % na rozdíl od nedemineralizovaných vzorků, které obsahovaly 7,3 až 12,4 % popela v sušině.

Vysoký obsah laktózy byl stanoven v demineralizované sušené sladké syrovátce (80,6 %) a vyšší pro zahuštěné vzorky č. 8 a 9 (11,9 % a 11,0 %). Tekuté nezahuštěné vzorky kyselé syrovátky měly nižší obsah laktózy (4,05 až 4,33 %) než v syrovátce sladké a sladké ředěné (5,15 a 5,21 %).

Ze sledovaných kyselin byl zjištěn nejvyšší obsah kys. mléčné, kys. fosforečné a kys. citrónové. Ve vzorcích sladké syrovátky převažoval obsah kyseliny citrónové, ve vzorcích kyselé syrovátky vždy významně převažoval obsah kys. mléčné (tab. 4). Rozdíly v obsahu kys. mléčné ve sladké a kyselé syrovátce odpovídají změnám ve složení vzorku způsobeným kyselým srážením mléka. Tento typ srážení je charakteristický poklesem obsahu laktózy v důsledku mikrobiální fermentace a nárůstem kys. mléčné. Největší obsah kyseliny mléčné ze všech analyzovaných vzorků byl stanoven v kyselé zahuštěné syrovátce z výroby termotvarohu a to 2,2 g/100 ml.

Tabulka 5 Významné faktory mající vliv na tvorbu hydrogelů na bázi syrovátky

| Pozitivní faktory | Negativní faktory |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - syrovátkové proteiny: optimální složení (β-laktoglobuliny a α-laktalbuminy) a koncentrace (Lorenzen a Schrader, 2006; Ozel a kol., 2017) - optimální pH (Henriques a kol., 2017) | <ul style="list-style-type: none"> - vyšší podíl nerozpustných proteinů: roste s tepelnou zátěží při výrobě syrovátky (Veith a Reynolds, 2004) - přítomnost kaseinomakropeptidu (Lorenzen a Schrader, 2006; Veith a Reynolds, 2004) - vysoký obsah laktózy (Bordenave-Juchereau a kol., 2005) - Ca, Mg, K (Veith a Reynolds, 2004) |

Využití syrovátky jako substrátu pro výrobu gelů resp. hydrogelů je široce diskutováno v literatuře. Z literárních zdrojů bylo zjištěno, které faktory mají pozitivní příp. negativní vliv na tvorbu hydrogelu na bázi syrovátky. Informace jsou shrnuty v tab. 5. Hlavní složkou mající gelotvorné vlastnosti s hydratační kapacitou jsou syrovátkové proteiny (Ozel a kol., 2017). Pro úspěšnou tvorbu gelu je potřebná vhodná koncentrace a složení těchto proteinů. Důležitý je obsah β-laktoglobulinů a α-laktalbuminů (Ozel a kol., 2017),

naopak nežádoucí je přítomnost kaseinomakropeptidu/CMP (Lorenzen a Schrader, 2006; Veith a Reynolds, 2004). Přičemž vysoký podíl CMP se vyskytuje ve sladké syrovátce a je důsledkem sladkého srážení mléka a proteolýzy κ-kaseinu. Uvádí se, že až 20 % syrovátkových proteinů sladké syrovátky tvoří CMP (Jelen, 2011). Jako minimální se pro úspěšnou tvorbu syrovátkových gelů udává koncentrace 4 % syrovátkových bílkovin (Henriques a kol., 2017; Le a kol. 2017). Při těchto hraničních koncentracích je ovšem nutné pro úspěšnou tvorbu gelu optimálně zvolit i další parametry jako pH atd. Proto jsou často v literatuře pro výrobu hydrogelů zmiňovány pokusy s použitím syrovátkových koncentrátů a izolátů, které umožňují použít optimální koncentraci syrovátkových proteinů. Dobře přístupné jsou v dnešní době zejména koncentráty a izoláty sladké syrovátky. Jediným vzorkem, který splňuje tuto základní podmínku na obsah proteinů je sušená demineralizovaná syrovátka. Výhodou je i demineralizace vzorku a tím předpokládaný nízký obsah vápenatých iontů, jejichž přítomnost také není žádoucí pro tvorbu hydrogelů (Veith a Reynolds, 2004). Na druhou stranu je ovšem nežádoucí vysoká koncentrace laktózy (Bordenave-Juchereau a kol., 2005) a pravděpodobně významný podíl CMP v syrovátkových proteinech. Dále bylo zjištěno, že nežádoucí může být také úprava vzorku sušením pro materiál určený k tvorbě hydrogelů, protože příliš vysoká a dlouhodobá teplotní zátěž při předúpravě vzorku může mít za následek vznik většího podílu nerozpustných proteinů (Veith a Reynolds, 2004). Z tohoto důvodu se zdá být perspektivní po vhodné

úpravě pro přípravu hydrogelů použití kyselé syrovátky, která má při přepočtu na sušinu vysoký podíl syrovátkových proteinů bez předpokládaného významného podílu CMP, nižší podíl laktózy a optimální pH. Bylo zjištěno, že při pH v okolí izoelektrického bodu syrovátkových bílkovin (cca pH 4,5) dostačuje pro tvorbu gelu koncentrace syrovátkových bílkoviny kolem 4 %, při pH 6 mezi 6 až 8 % a při pH 7 je potřeba 8 až 12 % bílkovin (Henriques a kol., 2017). Zpracování kyselé syrovátky z výroby termotvarohu se nejeví tak zajímavé, protože je charakteristická nízkým podílem syrovátkových bílkovin.

Jak je patrné z rozborů získaných syrovaček pro tvorbu hydrogelů z těchto materiálů nestačí pouze vzorky zakoncentrovat reverzní osmózou (viz zahuštěné vzorky kyselé a sladké syrovátky). Žádoucí je další úprava syrovátky např. ultrafiltrací. Tato membránová technika umožňuje zakoncentrování syrovátkových proteinů za současného poklesu obsahu laktózy a minerálních látek ve vzorku. Ultrafiltrace kyselé syrovátky je ovšem komplikovaná technologie, kterou je pro úspěšné použití nutné optimalizovat. Další možností se jeví také případné použití podpurného polymerizačního média, které by se přidávalo k syrovátce jako např. kyseliny citrónové pro snadnější polymeraci vzorků (Abae a kol., 2017). Problematice vhodného zpracování dostupných typů syrovaček pro úspěšnou přípravu hydrogelů je potřeba se věnovat v dalším výzkumu.

Závěr

Podrobně bylo analyzováno a diskutováno složení nejenom klasické sladké a kyselé syrovátky, ale také jejich dalších forem připravených v průběhu různých technologických výrob a to sladké ředěné, sladké zahuštěné, sušené sladké demineralizované, kyselé z výroby termotvarohu a kyselé zahuštěné syrovátky z výroby termotvarohu. Získané informace z analýz a literárních zdrojů o složení syrovaček jsou cenné pro řešení výzkumného projektu a jsou významným podkladem k výběru vhodného typu syrovátky pro výrobu hydrogelů s reálnou aplikací. Domníváme se, že souhrn informací o složení syrovaček může být také důležitým zdrojem poznatků pro producenty v mlékárnách.

Ze zjištěných rozdílů ve složení jednotlivých typů syrovaček, jsme došli k závěru, že perspektivním materiálem pro výrobu hydrogelů se jeví kyselá syrovátka. Předpokládáme, že další úpravou jako např. ultrafiltrací by bylo možné z kyselé syrovátky připravit vhodný materiál pro výrobu hydrogelů, který by měl optimální koncentraci a složení bílkovin. Touto úpravou by navíc bylo možné získat materiál s nižším obsahem laktózy a minerálních látek v sušině než v původním vzorku kyselé syrovátky, což je pro přípravu hydrogelů na bázi syrovátky žádoucí.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Ministerstva zemědělství České republiky v rámci projektu NAZV č. QK1910392.

Literatura

- ABAE A., MOHAMMADIAN M., JAFARI S.M. (2017): Whey and soy protein-based hydrogels and nano-hydrogels as bioactive delivery systems. *Trends Food Sci. Technol.*, 70, s. 69–81.
- ABOBATTA W. (2018): Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. *Adv Agr Environ Sci.*, 1 (2), s. 59–64.
- AHMAD T., AADIL R.M., AHMED H., RAHMAN U., SOARES B.C.V., SOUZA S.L.Q., PIMENTEL T.C., SCUDINO H., GUIMARÃES J.T., ESMERINO E.A., FREITAS M.Q., ALMADA R.B., VENDRAMEL S.M.R., SILVA M.C., CRUZ A.G. (2019): Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, 88, s. 61–372.
- ANAND S., KHANAL S.N., MARELLA CH. (2013): Whey and whey products. Ve: PARK Y.W., HAENLEIN G.F.W. (edit.): *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health* (s. 477–497). John Wiley & Sons, Ltd.
- BORDENAVE-JUCHEREAU S., ALMEIDA B., PIOT J.M., SANNIER F. (2005): Effect of protein concentration, pH, lactose content and pasteurization on thermal gelation of acid caprine whey protein concentrates. *J Dairy Res.*, 72, s. 34–38.
- ČSN 57 0530 (1974): Metody zkoušení mléka a tekutých mléčných výrobků. Úřad pro normalizaci a měření. Praha.
- ČSN EN ISO 17997-1 (2006): Mléko - Stanovení obsahu kaseinového dusíku - Část 1: Nepřímá metoda (Referenční metoda). Český normalizační institut, Praha.
- ČSN EN ISO 8968-1 (2014): Mléko a mléčné výrobky - Stanovení obsahu dusíku - Část 1: Metoda podle Kjeldahla a výpočet hrubého proteinu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- ČSN EN ISO 8968-4 (2016): Mléko a mléčné výrobky - Stanovení obsahu dusíku - Část 4: Stanovení obsahu dusíku a nebílkovinného dusíku a výpočet čisté bílkoviny (Referenční metoda). Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- ČSN ISO 2446 (2010): Mléko - Stanovení obsahu tuku. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- ČSN ISO 6731 (2012): Mléko, smetana a zahuštěné neslazené mléko - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- FORMAN L., MERGL M. A KOLEKTIV (1979): *SYROVÁTKA - její užití v lidské výživě a ve výživě zvířat*, VUUP, Praha, 343 s.
- HENRIQUES M., GOMES D., PEREIRA C. (2017): Liquid whey protein concentrates produced by ultrafiltration as primary raw materials for thermal dairy gels. *Food Technol Biotech.*, 55 (4), s. 454–463.
- KADLEC P., MELZCOCH K., VOLDŘICH M. a kol. (2012): *Přehled tradičních potravinářských výrob*, Key publishing, 570 s, ISBN 978-80-7418-145-0.
- JELLEN P. (2011): Whey processing: Utilization and Products. Ve: *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2 vyd.), s. 731–737.
- KHEZRI S., SEYEDSALEH M.M., EMAMI N., DEGHAN P. (2016): Whey: Characteristics, applications and health aspects. *Int J Adv Biotechnol Res.*, 7 (2), s. 1383–1389.
- LE X.T., RIOUX L.E., TURGEON S.L. (2017): Formation and functional properties of protein-polysaccharide electrostatic hydrogels in comparison to protein or polysaccharide hydrogels. *Adv. Colloid Interface Sci.*, 239, s. 127–135.
- LORENZEN P.CH., SCHRADER K. (2006): A comparative study of the gelation properties of whey protein concentrate and whey protein isolate. *Lait*, 86, s. 259–271.
- OZEL B., CIKRIKCI S., AYDIN O., OZTOP M.H. (2017): Polysaccharide blended whey protein isolate-(WPI) hydrogels: A physicochemical and controlled release study. *Food Hydrocoll.*, 71, s. 35–46.
- ROVIO S., YLI-KAUHALUOMA J., SIRÉN H. (2007): Determination of neutral carbohydrates by CZE with direct UV detection. *Electrophoresis*, 28 (17), s. 3129–3135.
- SOUZA J.L.F., PEREIRA DA SILVA P.M., FRANCISCO DA SILVA R.C., MORAES DO CARMO R., GOMES DE SOUZA R., CÉLIA J.A., BORGES DE OLIVEIRA K., PLÁCIDO G.R., LAGE M.E., NICOLAU E.S. (2016): Effect of whey storage on physicochemical properties, microstructure and texture profile of ricotta cheese. *Afr. J. Biotechnol.*, 15 (47), s. 2649–2658.

VEITH P.D., REYNOLDS E.C. (2004): Production of a high gel strength whey protein concentrate from cheese whey. *J Dairy Sci.*, 87, s. 831–840.

Korespondující autor: Ing. Markéta Borková, Ph.D.
Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6,
email: borkova@milcom-as.cz

Přijato do tisku: 6. 11. 2019

Lektorováno: 20. 11. 2019

SOUČASNÝ STAV SVĚTOVÉHO MLÉKÁRENSTVÍ

Jiří Kopáček

Českomoravský svaz mlékárenský z.s.

The current world dairy situation at a glance

Abstrakt

Rešeršní článek popisuje současný stav světového mlékárenství, který byl hodnocen na World Dairy Summit IDF v Istanbulu v září 2019. Celkově lze konstatovat, že v hodnoceném období panoval rovnovážný stav mezi nabídkou a poptávkou, ovšem, při poměrně vysoké cenové volatilitě. Charakteristické při tom bylo zpomalení růstu jak dodávek mléka ke zpracování, tak výroby jednotlivých skupin mléčných výrobků a dále pak opětovný růst poptávky z mezinárodních trhů. V cenách mlékárenských komodit přetrvával významný rozdíl mezi cenami másla, resp. ocenění mléčného tuku, a cenou sušeného odstředěného mléka, resp. ocenění proteinů. Pro následující rok je očekáváno pokračování tohoto trendu vývoje.

Klíčová slova: výroba a dodávky mléka, zpracování mléka, spotřeba, světový mlékárenský obchod

Abstract

The review article describes the current state of the world dairy situation, which was evaluated at the last World Dairy Summit IDF in Istanbul in September 2019. Overall, there was a balance between supply and demand in the period under review, but with relatively high price volatility. This was characterized by slower growth in both the supply of milk for processing and the production of individual groups of dairy products, as well as a rebound in demand from international markets. Dairy commodity prices continued to have a significant difference between butter prices, respectively the valorisation of milk fat, and skimmed milk powder prices, respective-

ly the valorisation of proteins. This trend is expected to continue in the coming year.

Key words: milk production and deliveries, milk processing, consumption, world dairy trade

Úvod

Koncem září 2019 se v tureckém Istanbulu pod ústředním heslem „Milk for life“ uskutečnil letošní Světový mlékárenský summit IDF (Mezinárodní mlékařské federace), na který se sjelo přibližně 1000 delegátů z celkem 55 zemí světa. Nosným tématem letošního kongresu byla budoucnost mlékárenství, o které se diskutovalo na tradičním fóru světových mlékárenských lídrů. Přednášející se zaměřovali zejména na strategické cíle, jak by mělo mlékárenství přispět k zajištění obživy rostoucí světové populace, ale také jak by mělo být maximalizováno ze strany mlékárenství úspěšné naplnění cílů udržitelného rozvoje (SDG = Sustainable Development Goals). Projednávaly se rovněž další související otázky udržitelnosti a změn klimatu, ve výživě byla pozornost zaměřena na prospěšnost mléčných proteinů a výzvy týkající se snižování přidaných cukrů v potravinách.

Jak se dalo očekávat, všichni účastníci s napětím očekávali zejména konferenci projednávající aktuální výhled světového mlékárenství v letech 2019–2020. Na ní byla představena zpráva o světové mlékařské situaci, z níž níže vybírám následující nejdůležitější informace.

Stav mlékárenství v roce 2018 a v první polovině roku 2019 lze charakterizovat rovnovážným stavem mezi nabídkou a poptávkou, ovšem při poměrně vysoké cenové volatilitě. Došlo však ke zpomalení růstu dodávek mléka ke zpracování, ale také ke zpomalení výroby jednotlivých skupin mléčných výrobků. Pozitivní skutečností je, že nárůst poptávky z mezinárodních trhů umožnil významné snížení celosvětových zásob sušeného odstředěného mléka a v Evropské unii jsou nyní intervenční sklady již zcela vyprázdněné. Mezinárodní obchod vzrostl v roce 2018 o 5 %, v roce 2019 bude ale tento růst nižší, očekává se výsledek okolo 3 % růstu. Stále však panuje vysoká cenová volatilita a zejména přetrvává cenový rozdíl mezi cenami másla (mléčného tuku) a sušeného odstředěného mléka (tedy proteinů), i když tyto „cenové nůžky“ se pomalu zavírají.

Světová výroba mléka

Jak je dokumentováno na následujícím obrázku a tabulce, došlo v roce 2018 k dalšímu nárůstu světové výroby mléka, která dosáhla objemu 864 mil. tun, což bylo o 2,4 % více než v roce předchozím. Nejvýznamnější položkou je i nadále kravské mléko prezentující 81,4 %, po něm následuje s podílem 14,6 % mléko buvolí, takže na mléko malých ruminantů připadá již jenom malý podíl. Výroba buvolího mléka zaznamenává nejvyšší meziroční nárůst, a to 4,5 % v roce 2018, což je dáno zejména růstem jeho výroby v oblasti Asie, která je