



VÝZNAM HODNOTY TITRAČNÍ KYSELOSTI MLÉKA NYNÍ A DŘÍVE – část II

Oto Hanuš¹, Jan Říha², Josef Kučera³,
Zdeňka Hegedúšová⁴, Radoslava Jedelská¹

¹ Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.

² Bentley Czech s.r.o., Praha

³ Českomoravská společnost chovatelů a. s., Hradištko;
Praha

⁴ Taura ET s.r.o., Litomyšl

Importance of the titratable acidity value of milk now and before – part II

Abstrakt

Toto shrnutí (část II) poznatků o významu a způsobech měření hodnot titrační kyselosti mléka (TKM) přináší kombinaci informací o vlivech zdravotního stavu dojnic na dynamiku hodnot tohoto technologického ukazatele. Je zmíněn význam TKM dříve i pro aktuální podmínky. Informace jsou doplněny přehledem o vývoji a současném stavu, včetně trendů v analytických postupech stanovení TKM. Zmíněny jsou vedle klasického (referenčního), titračního stanovení TKM i zrychlené metody indikačních proužků, potenciometrického měření TKM pomocí posunu pH a perspektivy infračervené spektroskopie pro stanovení TKM.

Klíčová slova: kráva, zdravotní stav, energetická bilance, acidobázický výluček, nebakteriální mastitida, metody analýz kyselosti mléka

Abstract

This summary (part II) of knowledge about the importance and methods of measuring the values of titratable acidity of milk (TMA = TKM) brings a combination of information about the effects of the health of dairy cows on the dynamics of the values of this technological indicator. The importance of TMA is mentioned for earlier and current conditions. The information is supplemented by an overview of the development and current state, including trends in the analytical procedures for TMA determination. In addition to the classical (reference) titration determination of TMA, the accelerated methods of indicator strips, potentiometric measurement of TMA by pH shift and the perspective of infrared spectroscopy for the determination of TMA are also mentioned.

Keywords: cow, health state, energy balance, acid-base secretion, non-bacterial mastitis, analytical methods for milk acidity

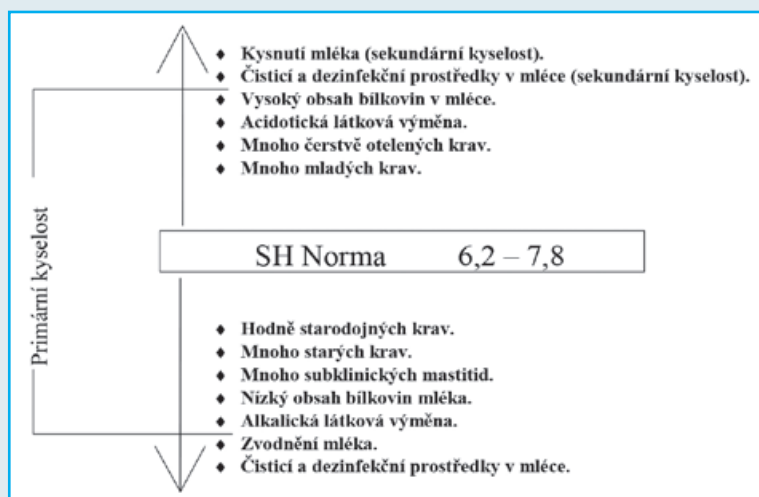
Vztahy TKM ke zdravotnímu stavu krav v rámci patologické variability TKM

FAMIGLI-BERGAMINI (1987; Tab. 1) naznačil výrazný pokles TKM při alkalóze a mastitidě dojnic, mírný vzrůst při ketóze a výrazný vzrůst při acidóze krav. THIEME et al. (1983 b; Obr. 1) pak schematicky shrnuli hlavní technologické a zdravotní příčiny a faktory neadekvátně zvýšené a snížené hodnoty TKM u dojnic, lišící se od normovaného oboru.

BESEDA et al. (1990) sledovali vztah vnitřního prostředí vysokoprodukčních dojnic z hlediska 36 ukazatelů metabolického profilu krve, krevního séra, mléka a moči při syndromu snížené TKM. Ukázalo se,

Tab. 1 Vliv některých produkčních onemocnění na složení a vlastnosti mléka (podle FAMIGLI-BERGAMINI, 1987).

Porucha	Produkce	Tuk	Bílkoviny	Kasein	Laktóza	Ketony - aceton	Močovina	Sušina tukuprostá	Somatické buňky	Titrační kyselost
Acidóza	↑↓	↓↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑
Alkalóza	↓	↓	↓↓	↓↓	↓↓	↑	↑↑	↓	↑	↓
Ketóza	↓↓	↓↑	↓	↓	↓↓	↑↑	↑	↓	↑	↑
Mastitida	↓	↓↑	↓↑	↓	↓			↓	↑↑	↓
Stres	↓	↓							↑	



Obr. 1 Příčiny odchylek titrační kyselosti mléka (TKM (SH)) od normy (modifikováno podle THIEME et al., 1983 b).

po korelační analýze, že při zkrmování deficitní krmné dávky (jak ve stravitelných dusíkatých látkách, tak v škrobových jednotkách, úživný poměr 1 : 7,5), která obsahovala zdravotně závadnou travní senáž s vysokým obsahem amoniaku (232,9 mg/100g) se projevil syndrom snížené TKM s nejnižšími hodnotami 1,9 °SH. Za těchto okolností byla prokázána významná ($P < 0,01$) negativní korelace mezi koncentrací laktózy a pH mléka ($r = -0,91$). Stejně tak JAŘUŠ et al. (1992) sledovali vliv narušených jaterních funkcí u dojnic na snížení TKM. Bylo hodnoceno 23 krav pomocí 23 ukazatelů metabolického profilu v krvi. Významné korelace byly mezi AST (aspartátaminotransferáza) a TKM ($r = -0,79$), AST a pH mléka ($r = 0,62$), AST a obsahem laktózy ($r = -0,69$), AST a koncentrací glukózy ($r = -0,56$), pH krve a mléka ($r = -0,61$) a pH mléka a laktózou ($r = -0,89$). Je zřejmé, že na TKM mají vliv acidobázická rovnováha a funkční stav jater. TRÁVNÍČEK et al., (1991) uvedli vliv bazického výlučku (13 vysoceužitkových chovů dojnic červenostrakatého a černostrakatého nížinného plemene) v moči nad $250 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ na tendenci k poklesu TKM na průměrnou hodnotu $6,3 \pm 0,6$ °SH a při výlučku kyselém k nárůstu na $7,8 \pm 0,3$ °SH. Snížení pH krve pod 7,3 bylo spojeno se vzestupem TKM k 7,2 °SH a naopak vzestup pH krve nad 7,4 znamenal pokles TKM k 6,4 °SH. Pokles TKM pod 6,2 °SH byl nejvýrazněji spojen se snížením obsahu bílkovin mléka a vzestupem močoviny v mléce. POLAHÁR et al. (1991) hodnotili na 30 individuálních vzorcích mléka krav ve dvou skupinách ($n = 15$ a 15) s normální TKM 6,2 až 8 °SH a sníženou TKM pod 6,2 °SH změny ostatních mlékařských ukazatelů. Nejvýraznější rozdíly byly u pH (6,55 a 6,72) a obsahu laktózy (4,86 a 4,28 %) a fosforu (15,01 a 14,19 $\text{mmol} \times \text{l}^{-1}$), zatímco nejméně výrazné u močoviny (8,54 a 8,53 $\text{mmol} \times \text{l}^{-1}$) a hrubých bílkovin (3,28 a 3,33 %).

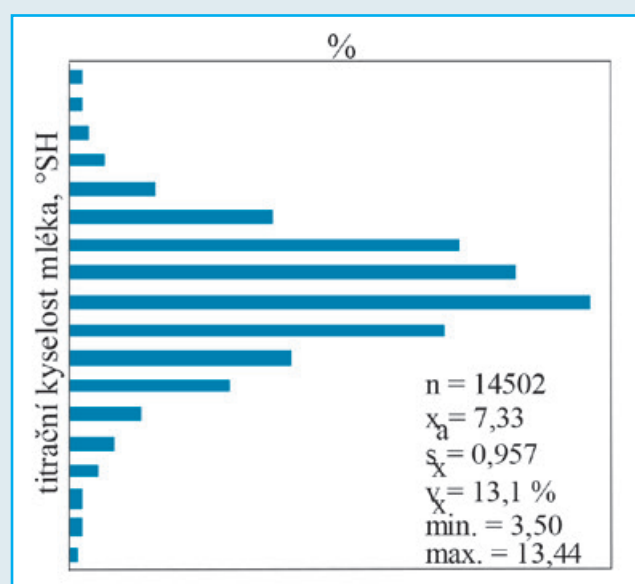
Primární TKM v individuálních vzorcích z první třetiny laktace ($n = 662$; $7,34 \pm 0,83$ °SH; $v_x = 11,3$ %) českého strakatého plemene a černostrakatého nížinného plemene (HANUŠ et al., 1992 c) byla významně kore-

lována ($P < 0,01$) k řadě mlékařských ukazatelů, z nichž mnohé mají i zjevný zdravotní charakter ve smyslu indikace poruch sekrece mléka (klinických i subklinických mastitid), tzn. k: - denní dojivosti -0,24; - obsahu tuku 0,27; - obsahu hrubých bílkovin 0,43; - obsahu monohydrátu laktózy 0,25; - obsahu tukuprosté sušiny 0,23; - koncentraci chloridů -0,45; - aktivní kyselosti pH -0,29; - chlorcukrovému číslu -0,46; - elektrické konduktivitě -0,43; - hodnotě mastitis testu -0,21. Nedávný experiment (SEYDLOVÁ et al., 2020, cit. HANUŠ et al., 2020) prokázal významný ($P < 0,05$) vliv současně vzrůstajícího rizika pro mléčné farmy, tzn. nebakteriálních původců mastitid (konkrétně *Prototheca*), na TKM, která byla u kontaminovaných dojnic ve stádě 7,14 oproti negativním 7,9 °SH, kdy současně pozitivní

krávy měly v mléce zřetelně nižší obsah tuku, bílkovin, kaseinu, laktózy, sušiny tukuprosté i sušiny celkové při počtu somatických buněk (PSB) 777 versus $114 \cdot 10^3 \times \text{ml}^{-1}$ (geometrický průměr; $P < 0,001$). Korelační koeficient počtu *Prototheca* v mléce k PSB pak činil 0,81 ($P < 0,01$).

Metody hodnocení a stanovení TKM

U hodnocení mléčných ukazatelů je třeba brát ohledy na charakter frekvenční distribuce dat v souborech a případnou potřebu matematických transformací pro statistické hodnocení. Např. celkové počty mikroorganismů, počty somatických buněk (PSB = SCC), ketonové látky (aceton, betahydroxybutyrát) nebo volné mastné kyseliny, podle typu vzorků (čtvrtové, individuální, bazénové),



Obr. 2 Vizuální analýza datových souborů (histogram) parametrů individuálních vzorků mléka – pro TKM je na první pohled zřejmá forma frekvenční distribuce dat blízká normálnímu rozdělení, tzv. Gaussově křivce.

často vykazují v datových souborech odchylky od normální frekvenční distribuce dat. Tyto hodnoty se proto nezřídka, např. ve statistických výpočtech souborových charakteristik, logaritmičky, ale i jinak (Box-Coxova transformace, druhá mocnina nebo odmocnina, lineární score SCC (SCS)), transformují, jak bylo dříve doloženo (HANUŠ et al., 2007 a, 2009 b; JANŮ et al., 2007). U hodnot primární TKM bazénových vzorků byla na velkém datovém souboru (HANUŠ et al., 2001; $n = 14\,502$; aritmetický průměr = $7,33\text{ }^{\circ}\text{SH}$; směrodatná odchylka $\pm 0,957\text{ }^{\circ}\text{SH}$; variační koeficient = $13,1\%$), testováním šikmosti a špičatosti, prokázána jen minimální odchylka od normální frekvenční distribuce dat (Obr. 2), což při statistickém hodnocení umožňuje korektně pracovat s původními daty, kdy aritmetický průměr, geometrický průměr a medián vykazují vzájemně blízké hodnoty a střední hodnota typu aritmetického průměru je relevantním představitelem (zástupcem, charakteristikou) souboru.

Původní (titrační, klasická) analytická metoda stanovení TKM (ČSN 57 0530) byla již dříve podrobena diskusi, kde O'CONNOR (1970) uvedl, že metoda může poskytnout odchylky a falešné výsledky v případě zvýšeného množství pufrujících substancí v mléce a THIEME et al. (1983 a) uvedli také podíl dalších substancí na výsledku TKM, které mohou uvolnit iont H^+ . Uvedené názory logicky souvisí s principy skluzové titrační reakce a názorem KRATOCHVÍLA (1984). Ten se dále přiklání k názoru, že hodnota pH lépe vystihuje jakost mléka a doporučuje proto využít pH při sporných situacích mezi dodavatelem a odběratelem mléka v otázce TKM, neboť právě může vyšší obsah bílkovin také přispět ke zvýšené hodnotě TKM, podobně jako vysvětlují i PEN et al. (1994) a PEN (1995). Ovšem, je třeba zmínit, že v principu stejná titrační metoda má řadu modifikací, jak se provádí a vyjadřuje (Tab. 2; Wikipedie (anonymní zdroj); PIJANOWSKI, 1977; KLÍČNÍK, 1978; ČSN 57 0530; ČSN 57 0529), které jsou používány v různých zemích a mezi nimi proto při srovnávání musí být použity relevantní korekční faktory (přepočtové koeficienty).

Celkově se světově a historicky nevyskytlo mnoho metodických pokusů nahradit referenční (klasické a původní, ČSN 57 0530) stanovení TKM jinými, nepřímými (rutinními), rychlými, analytickými metoda-

mi. Metodické provedení zůstávalo spíše dlouhodobě klasické, na rozdíl od metodického vývoje stanovení jiných mléčných ukazatelů, např. obsahu tuku, bílkovin nebo počtu somatických buněk. V daném ohledu např. DOI et al. (1991) se zabývali vývojem rychlé metody stanovení TKM přes měření pH a balancování, resp. eliminaci efektu pufrací kapacity mléka přidávkou alkálie tak, aby získali lineární odezvu k výsledkům TKM (SH) a urychlili tuto pracnější klasickou metodu přístrojovým odečtem. pH měřené po přidávku alkalického roztoku (8 ml 0,1 N NaOH) do mléka (50 ml) nazvali posunutým pH. Lineární regrese mezi TKM a posunutým pH byla přijatelná. To opravňuje použití metody posunutého pH k rychlému odhadu hodnoty TKM. V podstatě se jedná o umělé, jednoduchý, rychlý, metodický způsob vyvedení měření bodu TKM do oblasti vně oboru pufrací kapacity konkrétního mléka, který umožní potenciometrický odhad TKM.

Nicméně, pro analytické účely technologických laboratoří mlékáren může úspěšně posloužit k semikvantitativním odhadům TKM proužkový, indikační Laktotest (Lach-Ner s.r.o., Neratovice, ČR). Tímto testem lze rychle, podle zón barevné reakce, odhadnout TKM ($^{\circ}\text{SH}$), aktivní kyselost pH a % kyseliny mléčné. I když na první pohled není takový postup pravděpodobný právě pro TKM nebo dokonce pH, k rychlým odhadům složení a kvality mléka a mléčných výrobků lze využít také infračervenou spektroskopii v blízké oblasti v modifikaci s Fourierovou transformací a reflektanční aplikací (NIR-FT; např. JANKOVSKÁ (2004), RŮŽIČKOVÁ (2007), MLČEK (2008) nebo KOZELKOVÁ (2012)) na případně rotující míse s možností použití integrační sféry (Antaris, ThermoNicolet, USA). Pro odhad TKM byla tedy také použita reflektanční NIR-FT (near infrared spectroscopy, spektroskopie v oblasti blízké infračervenému oboru), kdy byly zmíněny (JANKOVSKÁ, 2004; RŮŽIČKOVÁ, 2007) korelační koeficienty kalibrace 0,914 až 0,978 (směrodatné odchylky 0,27 a 0,166) a validace kalibrace 0,93 (0,297), což lze označit, při kalibračním a predikčním variačním koeficientu 2,41 a 4,31 %, za prakticky aplikovatelný model nepřímého měření. Naopak u pH byl získán benevolentnější, i když metodicky pro praktické analýzy stále přijatelný, vztah pro korelační koeficienty kalibrace a validace kalibrace

Tab. 2 Přehled užívaných metod pro analýzu a vyjádření titrační kyselosti mléka (anonymní zdroj).

Metoda	Soxhlet - Henkel	Thörner	Dornic	Britský standard	USA
Množství vzorku	25 ml	10 ml	10 ml	10 ml	20 ml nebo 20 g
Zředění vzorku	žádné	2 : 1	žádné	žádné	2 : 1
Indikátor fenolftalein	1 ml, 2 % v alkoholu	5 kapek, 5 % v alkoholu	2 kapky, 2% v alkoholu	1 ml, 0,5 % v 50 % alkoholu	2 ml, 1 % v alkoholu
Koncentrace odměrného roztoku NaOH	0,25	0,10	0,11	0,11	0,11
Konec titrace	slabě růžové odpovídající CoSO_4	slabě růžové	slabě růžové	bledě růžové odpovídající narůžovělému standardu	bledě růžové
Vyjádření výsledku	ml NaOH na 100 ml (dříve $^{\circ}\text{SH}$)	T°	D°	g kyseliny mléčné na 100 ml	% kyseliny mléčné nebo NaOH na 100 g
Používáno v	ČR, SR, SRN	Rusko, Francie	Nizozemí	Velká Británie	USA

0,669 až 0,891 (0,071 a 0,05) a 0,829 (0,063) při koeficientech 0,75 a 0,93 %.

Z hlediska moderní, celkové, nepřímé, rutinní analýzy mléka (látkového složení), zejména metodou infračervené spektroskopie ve středové oblasti (MIR) a v technickém provedení s optickými filtry, je TKM velmi důležitým ukazatelem kvality vzorků mléka a tím věrohodnosti výsledků analýz (HANUŠ et al., 1992 a, b). Měly by být měřeny pouze vzorky řádně uchované (ošetřené chladově nebo chemickou konzervací) a včas, pouze s primární hodnotou TKM. V opačném případě, při vzrůstu sekundární TKM takových vzorků dochází ke zkreslení výsledků složení mléka, kdy některé složky, např. obsah hrubých bílkovin, mohou být neadekvátně (neodpovídající realitě) navýšené, neboť nové metabolity z mikrobiální hydrolýzy složek mohou interferovat do selektivních vlnových délek měření. Např. při částečném rozkladu laktózy a koncentraci kyseliny mléčné 0,5 % (zvýšené sekundární TKM) může být navýšen obsah tuku a bílkovin pouze domněle o 0,21 a 0,26 % a naznačen rychlejší úbytek monohydrátu laktózy o -0,27 %. Takový degradační, resp. destrukční, proces tak logicky znehodnocuje mlékařské analytické výsledky. Výsledky dokazující zdánlivý vzrůst obsahu tuku a bílkovin při infračervené spektroskopii mléka, provázející fermentaci laktózy a tím i úbytek obsahu laktózy ve stárnoucích vzorcích mléka, jsou v souladu se zjištěními dalších prací (SJAUNJA, 1984 a, b; BIGGS et al., 1987).

Využití infračervené spektroskopie (MIR a MIR-FT) v mlékařství

Infračervená spektroskopie hraje v mlékařství důležitou analytickou roli. Je dlouhodobě využívána k rutinním rozborům různých typů vzorků mléka a mléčných výrobků a její výsledky následně k technologickým a hospodářským účelům. Přístroje (mléčné analyzátoři) jsou provedeny v různých variantách různých výrobců v poloautomatické nebo automatické verzi a s průtočným systémem, s výkonem od 30 do 500 vzorků za hodinu. Infračervená spektroskopie ve středové oblasti v technologickém provedení s optickými filtry (MIR), jako nepřímá metoda, je používána obvykle ke stanovení obsahů tuku, bílkovin, laktózy, sušiny tukuprosté, sušiny celkové a vody v mléce a mléčných výrobcích (BIGGS, 1978; KERKHOF MOGOT et al., 1982; BIGGS et al., 1984, 1987; SJAUNJA, 1984 a, b; SJAUNJA et al., 1984; SJAUNJA a ANDERSSON, 1985; GRAPPIN, 1987 a, b, 1993; VINES et al., 1986; VOORT VAN DE et al., 1987; VALENBERG VAN, 1990; HILL et al., 1991; HANUŠ et al., 1992 a, b, 2007 b, 2008 a, 2014 b; KALA et al., 2018, 2019). S nástupem analytické technologie MIR-FT se skenováním (pomocí Michelsonova interferometru) a analýzou celého infraspektra a vyhodnocením signálu prostřednictvím Fourierových transformací bylo toto spektrum mlékařských analýz podstatně rozšířeno (LEFIER et al., 1996; FOSS, 1999, 2001, 2004 a, b;

HANSEN, 1999; HEUER et al., 2001; DELTA INSTRUMENTS, 2006; BARBANO a LYNCH, 2006; BIJGAART VAN DEN, 2006; BROUTIN, 2006; ROOS DE et al., 2007; CECA LAIT, 2008; HANUŠ et al., 2008 b, 2009 a, c, 2010, 2011, 2013, 2014 a, b; HERING et al., 2008; KNEGSEL VAN et al., 2010; BENTLEY INSTRUMENTS, 2012; ŘÍHA et al., 2013; BELAY et al., 2017; COSTA et al., 2017; BRITO et al., 2020; DUARTE et al., 2020; PEREIRA et al., 2020): - kasein; - močovina; - ketonové látky (aceton a betahydroxybutyrát); - kyselina citronová; - volné mastné kyseliny; - bod mrznutí mléka (v kombinaci s elektrickou konduktivitou); - skupiny (technologické, zdravotní, podle nasycenosti, podle délky uhlíkatého řetězce) mastných kyselin a hlavní mastné kyseliny v mléčném tuku (SOYEURT et al., 2006 a, b, 2011; COPPA et al., 2014; SAMKOVÁ et al., 2019; 2020). Pro zmíněnou modifikaci MIR-FT jsou zkoumány a validovány další možnosti analýz (efektivních kalibrací) pro predikce: - detailnější skladba mléčných bílkovin; - laktoferin v mléce; - kyselina orotová v mléce; - metanové emise krav; - zdraví podporující index; - nepřímá zdravotní data dojníc; - predikce ukazatelů plodnosti krav; - biomarkery a laminitida; - sumární genetické ukazatele; - data pro management stáda; - technologické vlastnosti mléka; - falšování mléka atd. (THOMAS, 2008; LOPEZ-VILLALOBOS et al., 2009; SOYEURT et al., 2012; DE MARCHI et al., 2013; GENGLER et al., 2013; VOSMAN et al., 2015; BASTIN et al., 2016; BONFATTI et al., 2016; VANLIERDE et al., 2016; GENGLER, 2017, 2018; COITINHO et al., 2017; ZAALBERG et al., 2018; BACH et al., 2019; DELHEZ et al., 2019; FRANZOI et al., 2019; GRELET, 2019; MINEUR et al., 2019; TIPLADY et al., 2020). Potřebné validace dalších efektivních kalibrací z infraspekter, s prakticky použitelnými výsledky v mlékařství, jsou v procesu vývoje. Na jedné straně se zdá, že další aplikační možnosti MIR-FT v mlékařství jsou stále ještě široké. Na druhé straně, otázkou je jen, až do jaké míry lze považovat všechny možné odhady a predikce nejrůznějších, komplexních, chemických, fyzikálních a biologických (popřípadě zdravotních a technologických) vlastností mléka a krav výsledkově za věrohodné a prakticky účelné, tedy efektivní? Uvedené je významné pro analytické spektrum využití nepřímé metody infračervené spektroskopie v mlékařství. To je předmětem současného výzkumu a vývoje. Kalibrace MIR-FT pro možnost měření TKM je méně předpokládanou, resp. očekávanou, ale také možnou variantou, za předpokladu dodržení technických podmínek průtočné analýzy (spolehlivá tekutost vzorku). Tuto možnost pro MIR-FT připouštějí také DE MARCHI et al. (2009, 2014), když zdůrazňují význam TKM pro sýrařství a parametry kalibrace MIR-FT byly 0,66 pro validaci korelace a RMSEcv 0,25 °SH (50 ml mléka). COLINET et al. (2013) dosáhli pro TKM pomocí MIR-FT ještě poněkud efektivnější model s validací korelace 0,9.

Současné podmínky mlékařského prostředí pro TKM

Vzdor historickému útlumu ve vývoji technologických požadavků na stanovení TKM, v současném systému sofistikované kontroly jakosti syrového mléka prostřednictvím sledování dynamiky hodnot mnoha mlékařských ukazatelů, čas od času vznikne aktuální profesní potřeba diskuse na toto téma a požadavek na případné validační práce, postupy a analýzy, jako např. zahrnutí TKM do algoritmových postupů dynamické kontroly kvality syrového bazénového mléka (HANUŠ et al., 2006). Tak lze doložit, že téma TKM je i dnes v mlékařství aktuální. Protože sledování (analýzy) a vyhodnocování kvality syrového mléka slouží, ve značné míře, vedle účelů proplácení mléka, také zdravotní ochraně spotřebitele, splňuje takový úkol důležitou společenskou zakázku (BAUMGARTNER, 2000; AFEMA - Arbeitsgruppe zur Förderung von Eutergesundheit und Milchhygiene in den Alpenländern, Pracovní skupina pro podporu zdravé mléčné žlázy a hygieny mléka v alpských zemích). Bezpečnost a kvalita mléčného potravinového řetězce jsou důležitými aspekty ochrany veřejného zdraví. Současná doba klade velmi vysoké nároky na kvalitu syrového kravského mléka a následně i mléčných potravinových produktů, v EU stále zdaleka nejvyšší v porovnání ke světovému vývoji. Mléčný potravinový řetězec je nejlépe kvalitativně kontrolovaným ze všech ostatních, a proto utrpěl v porovnání k dalším relativně méně potravinových skandálů v nedávné historii, kdy je tato otázka zvláště citlivě společensky vnímána i kontrolována. Je to dáno faktory jeho kontroly, tedy počtem a frekvencí stále opakovaně vyšetřovaných kvalitativních ukazatelů, z nichž některé mají vedle fyzikálního nebo chemického také biologický charakter (Tab. 3). Přes všechny uvedené historické skutečnosti technologického a analytického vývoje v mlékařství je však analytický možnost rychlého stanovení TKM výhodná. Současné globální, provozní podmínky mlékařského prostředí ukázaly na potřebu vývoje rychlého stanovení hodnoty TKM pro kontrolu kvality mléka dodávaného k mlékárenskému zpracování v oblastech se specifickými, těžšími geografickými, klimatickými a technologickými podmínkami, ale také pro flexibilní, metodickou možnost rychlé kontroly kvality vzorků mléka v relevantních mlékařských experimentech.

Tab. 3 Odůvodnění skutečnosti, že výrobní a zpracovatelský mléčný potravinový řetězec je tím pravděpodobně nejbezpečnějším z těch, které připadají v úvahu pro srovnání ve vyspělých zemích, a je také zřejmě nejvíce kontrolovaným potravinovým řetězcem vůbec

Zabezpečení kvality mléka lze hodnotit pozitivně ve smyslu:

- širokého spektra a relativně vysokého počtu vyšetřovaných hygienických (mikrobiologických), složkových (chemických), fyzikálních a technologických mléčných parametrů a vlastností;
- pravidelnosti a relativně vysoké frekvence zmíněných rutinních vyšetření syrového mléka;
- převážně biologického a biochemického charakteru těchto vyšetření, kde principem je posoudit bezpečnost kontrolovaného materiálu pro konzumenty (např. sledování reziduí inhibičních látek a eliminace takového mléka z potravního řetězce s předpokladem, že substance schopná poškodit mikrobiální růst může být potenciálně riziková i pro vývojově vyšší živočichy - konzumenty).

Rešerše byla finančně podporována projektem NAZV Země QK 21010326.

Seznam literatury

- BACH, K. D., BARBANO, D. M., MCART, J. A. A. (2019): Association of mid-infrared-predicted milk and blood constituents with early-lactation disease, removal, and production outcomes in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 102.
- BARBANO, D. M., LYNCH, J. M. (2006): Major Advances in Testing of Dairy Products: Milk Component and Dairy Product Attribute Testing. *Journal of Dairy Science*, 89, s. 1189-1194.
- BASTIN, C., THÉRON, L., LAINÉ, A., GENGLER, N. (2016): On the role of mid-infrared predicted phenotypes in fertility and health dairy breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99, s. 4080-4094.
- BAUMGARTNER, CH., und Expertengruppe für Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement (2000): Qualitäts 2000. Leitfaden für den Betrieb von Routine – Untersuchungsgeräten in Rohmilch – Prüfungslaboratorien, 1. Ausgabe, Oktober, s. 32.
- BELAY, K., SVENDSEN, M., KOWALSKI, Z. M., ÅDNØY, T. (2017): Genetic parameters of blood γ -hydroxybutyrate predicted from milk infrared spectra and clinical ketosis, and their associations with milk production traits in Norwegian Red cows. *Journal of Dairy Science*, 100, s. 6298-6311.
- BENTLEY INSTRUMENTS: DAIRYSPEC FT: Accurate Component Analysis in Raw Milk and Other Dairy Products. Rev. E, 2012, s. 27.
- BESEDA I., ĎURIŠOVÁ, B., SOKOL, J., POLAHÁR, B., VÁLKA, J., STANKO, P. (1990): Vz' ahy mezi ukazovat'elmi profilového testu dojníc při syndróme sníženéj titračnej kyslosti. *Veterinární Medicína (Praha)*, 35, s. 137-144.
- BIGGS, D. A. (1978): Instrumental infrared estimation of fat, protein, and lactose in milk: collaborative study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 61, 5, s. 1015-1034.
- BIGGS, D. A., JOHNSON, G., SJAUNJA, L. O. (1987): Analysis of fat, protein, lactose, total solids by infra-red absorption. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Doc. 208, s. 21-29.
- BIGGS, D. A., SZIJARTO, L. F., VOORT VAN DE, F. R. (1984): Fresh milk sampling for centralized milk testing. *Journal of Dairy Science*, 67, s. 3085-3092.
- BIJGAART VAN DEN, H. (2006): New applications of mid-infra-red spectrometry for the analysis of milk and milk products. 2 Free fatty acids. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 406, s. 22-28.
- BONFATTI, V., DEGANI, L., MENEGGOZ, A., CARNIER, P. (2016): Short communication: Mid-infrared spectroscopy prediction of fine milk composition and technological properties in Italian Simmental. *Journal of Dairy Science*, 99, s. 8216-8221.
- BRITO, R. F., RODRIGUES, R., DINIZ, S. A., FONSECA, L. M., LEITE, M. O., SOUZA, M. R., CONRRADO, R. S., VERÍSSIMO, S. A. O., VALENTE, G. L. C., CERQUEIRA, M. M. O. P. (2020): Analysis of the freezing point of milk by precision method and by Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. *Brazilian Archive of Veterinary Medicine and Zootecnics*, 72, 5, s. 1713-1718.
- BROUTIN, P. J. (2006): New applications of mid-infra-red spectrometry for the analysis of milk and milk products. 1 Casein. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 406, s. 2-21.

- CECA LAIT (2008): Evaluation of the Bentley FTS infrared analyser. *CecaLaits – Newsletter*, 67.
- COITINHO, T. B., CASSOLI, L. D., CERQUEIRA, P. H. R., DA SILVA, H. K., COITINHO, J. B., MACHADO, P. F. (2017): Adulteration identification in raw milk using Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 8, s. 2394-2402.
- COLINET, F. G., SOYEURT, H., ANCEAU, C., VANLIERDE, A., KEYEN, N., DARDENNE, P., GENGLER, N., SINDIC, M. (2010): Potential estimation of titratable acidity in cow milk using mid-infrared spectrometry. In 37th International Committee for Animal Recording (ICAR) Meeting, Riga, Latvia, Jan. 16, 2013.
- COPPA, M., REVELLO-CHION, A., GIACCONE, D., FERLAY, A., TABACCO, E., BORREANI, G. (2014): Comparison of near and medium infrared spectroscopy to predict fatty acid composition on fresh and thawed milk. *Food Chemistry*, 150, s. 49-57.
- COSTA, A., MARCHI DE, M., CASSANDRO, M., PENASA, M. (2017): Phenotypic and Genetic Aspects of Milk Freezing Point in Primiparous Holstein Friesian Cows. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82, 2, s. 175-178.
- ČSN 57 0529 (1993): Syrové kravské mléko pro mlékárenské ošetření a zpracování. ČNI Praha.
- ČSN 57 0530 (1973): Metody zkoušení mléka a tekutých mléčných výrobků. ČNI Praha.
- DELHEZ, P., COLINET, F., VANDERICK, S., BERTOZZI C., GENGLER, N., SOYEURT, H. (2019): Predicting milk mid-infrared spectra from first-parity Holstein cows using a test-day mixed model with the perspective of herd management. *Journal of Dairy Science*, 103.
- DELTA INSTRUMENTS (2006): LactoScope FTIR Advanced Mid-IR Dairy Analyzer.
- DE MARCHI, M., TOFFANIN, V., CASSANDRO, M., PENASA, M. (2014): Invited review: Mid-infrared spectroscopy as phenotyping tool for milk traits. *Journal of Dairy Science*, 97, s. 1171-1186.
- DE MARCHI, M., TOFFANIN, V., CASSANDRO, M., PENASA, M. (2013): Prediction of coagulating and noncoagulating milk samples using mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 96, s. 4707-4715.
- DE MARCHI, M., FAGAN, C. C., O'DONNELL, C. P., CECCHINATO, A., DAL ZOTTO, R., CASSANDRO, M., PENASA, M., BITTANTE, G. (2009): Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 92, s. 423-432.
- DOI, T., KANZAKI, M., MATSUMOTO, K. (1991): The rapid and simple method for the estimation of titratable acidity of raw milk. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 38, 3, s. 221-225.
- DUARTE, E., LIMA, J., FONSECA, R. P., LEITE, M. O., FONSECA, L. M. (2020): Avaliação do ponto de congelamento do leite cru por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier como método de triagem. *Brazilian Archive of Veterinary Medicine and Zootecnicis*, 72, 6, s. 2059-2068.
- FAMIGLI-BERGAMINI, P. (1987): Rapporti tra patologia (non mammaria) ed aspetti quali-quantitativi del latte nella bovina. *Societa Italiana di Buiatria*, Bologna, 19, s. 8-10, 89-99.
- FOSS (2001): MilkoScan FT 6000; Free fatty acids measurement (FFA). Spectrum Calibration.
- FOSS (1999): MilkoScan FT 6000; Urea measurement. Issue 76100-30bGB, November, s. 1-5.
- FOSS (2004 a): MilkoScan FT 120; Improved milk calibration. Analytical Application Note No. 128e.
- FOSS (2004 b): MilkoScan FT 120; Urea Calibration: Determination of Urea in raw cow's milk. Analytical Application Note No. 95a.
- FRANZOI, M., NIERO, G., VISENTIN, G., PENASA, M., CASSANDRO, M., DE MARCHI, M. (2019): Variation of Detailed Protein Composition of Cow Milk Predicted from a Large Database of Mid-Infrared Spectra. *Animals*, 9, 176.
- GENGLER, N., BERRY, D. P., BASTIN, C. (2013): Use of automated systems for recording of direct and indirect data with special emphasis on the use of MIR milk spectra (OptiMIR project). ICAR Tech. Ser. 17. *Direct Indirect Data MIR*, s. 55-61.
- GENGLER, N. (2018): Symposium review: Challenges and opportunities for evaluating and using the genetic potential of dairy cattle in the new era of sensor data from automatic. *Journal of Dairy Science*, 102, s. 5756-5763.
- GENGLER, N. (2017): Using (mid-)infrared spectroscopy methods to measure milk composition, energy balance and beyond...in dairy cows. PP presentation, SBMA Meeting Ribeirão Preto - São Paulo, Brazil, June 12 to 13.
- GRAPPIN, R. (1987 a): Definition and evaluation of the overall accuracy of indirect methods of milk analysis - application to calibration procedure and quality control in dairy laboratory. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Doc. 208, IDF Provisional Standard 128, s. 3-12.
- GRAPPIN, R. (1987 b): Application of indirect instrumental methods to the measurement of fat and protein content of ewes and goats milk. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Doc. 208, s. 41-43.
- GRAPPIN, R. (1993): European network of dairy laboratories. V: Proceedings of an International Analytical Quality Assurance and Good Laboratory Practice in Dairy Laboratories. Sonthofen / Germany, 1992-05-18/20, Brussels, s. 205-211.
- GRELET, N. (2019): Promoting international prediction models through standardization of milk mid-infrared spectra. Doctoral Thesis, COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE ACADÉMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE UNIVERSITÉ DE LIÈGE – GEMBLOUX AGRO-BIO TECH, s. 99.
- HANSEN, P. W. (1999): Screening of dairy cows for ketosis by use of infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Journal of Dairy Science*, 82, s. 2005-2010.
- HANUŠ, O., BENDA, P., GENČUROVÁ, V. (1992 a): Testování nového konzervačního přípravku vzorků mléka Milkofix pro účely infračervené analýzy základního složení mléka. I. ověření bakteriostatických a baktericidních vlastností a interferenčního vlivu. *Veterinární Medicína*, 37, 1, s. 21-31.
- HANUŠ, O., BJELKA, M., TICHÁČEK, A., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2001): Analýza nezbytnosti a účelnosti transformací dat u souborů výsledků některých mléčných parametrů. *Chov a šlechtění skotu pro konkurenceschopnou výrobu: sborník referátů VÚCHS Rapotín*, s. 122-137.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., GABRIEL, B. (1992 b): Vliv stárnutí vzorků na přesnost infračervené analýzy základního složení mléka. *Veterinární Medicína*, 37, 3, s. 149-160.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., JANŮ, L., JEDELSKÁ, R. (2007 b): Rámcové představení hlavních prvků systému QA u chemických a fyzikálních metod v referenčních a rutinních laboratořích pro analýzy kvality syrového mléka v ČR. 2 THETA Zajištění kvality analytických výsledků, ISBN: 978-80-86380-37-7, Komorní Lhotka, s. 33-50.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., ŘÍHA, J., VYLETĚLOVÁ, M., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J., DOLÍNKOVÁ, A. (2008 a): Specifika referenčních materiálů a výkonnostního testování způsobilosti výsledků u základních mlékařských analýz. Referenční materiály a mezilaboratorní porovnávání zkoušek III. 2 THETA, Medlov, ISBN: 978-80-86380-46-9, s. 53-78.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., ŠTOLC, L., HULOVÁ, I., MOTYČKA, Z., KLIMEŠ, M., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2009 c): Zajištění kvality stanovení minoritních metabolicko-diagnostických složek mléka metodou infračervené spektroskopie (MIR a MIR-FT). 2 THETA Zajištění kvality analytických výsledků, ISBN: 978-80-86380-49-0, Komorní Lhotka, s. 211-237.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., ZHANG, Y., HERING, P., KOPECKÝ, J., JEDELSKÁ, R., DOLÍNKOVÁ, A., MOTYČKA, Z. (2011): Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy. *Journal of Agrobiolgy*, 28, 1, s. 33-48.
- HANUŠ, O., HERING, P., FRELICH, J., JÍLEK, M., GENČUROVÁ, V., JEDELSKÁ, R. (2008 b): Reliability of milk urea analyse results by various methods in use of artificial milk control samples. *Czech Journal of Animal Science*, 53, 4, s. 156-165.
- HANUŠ, O., HULOVÁ, I., GENČUROVÁ, V., ŠTOLC, L., KUČERA, J., KOPECKÝ, J., JEDELSKÁ, R., MOTYČKA, Z. (2009 a): Interpretace výsledků pokusné kalibrace pro stanovení kyseliny citronové v mléce infračervenou spektroskopií (MIR-FT). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LVII, 5, s. 87-101.
- HANUŠ, O., JANŮ, L., VYLETĚLOVÁ, M., KUČERA, J. (2009 b): Research and development of a synthetic quality indicator for raw milk assessment. *Folia Veterinaria*, 53, 2, s. 90-100.
- HANUŠ, O., JANŮ, L., VYLETĚLOVÁ, M., MACEK, A. (2007 a): Validace použitelnosti algoritmu relativního syntetického ukazatele kvality syrového mléka (SQSM) pro konzistentní modifikaci farmářské ceny. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LV, 5, s. 71-82.

- HANUŠ, O., JEDELSKÁ, R., HERING, P., KLIMEŠ, M., GENČUROVÁ, V., JANŮ, L., KOPECKÝ, J. (2006): Konstrukce algoritmu pro efektivní sofistikované grafické vyhodnocování výsledků složení a kvality bazé-
nových vzorků mléka. *Výzkum v chovu skotu*, XLVIII, 175, 3, s. 1-26.
- HANUŠ, O., ROUBAL, P., ŘÍHA, J., VYLETĚLOVÁ KLIMEŠOVÁ, M., SAMKOVÁ, E., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2014 a): Development in indirect infra-red determination of milk acetone. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62, 5, s. 919-927.
- HANUŠ, O., ŘÍHA, J., SAMKOVÁ, E., LEDVINA, D., CHLÁDEK, G., KUČERA, J., ROUBAL, P., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2014 b): A comparison of result reliability for investigation of milk composition by alternative analytical methods in Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62, 5, s. 929-937.
- HANUŠ, O., SAMKOVÁ, E., ŘÍHA, J., VYLETĚLOVÁ KLIMEŠOVÁ, M., ROUBAL, P. (2013): Evaluation of development in indirect determination of milk fat free fatty acids in Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LXI, 6, s. 1669-1679.
- HANUŠ, O., YONG, T., KUČERA, J., GENČUROVÁ, V., HANUŠOVÁ, K., KOPEC, T., KOPECKÝ, J., JEDELSKÁ, R. (2010): Analýza výsledků kalibrací pro stanovení kaseinu nepřímou metodou infračervené spektroskopie. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LVIII, 5, s. 123-136.
- HANUŠ, O., ŽVÁČKOVÁ, I., GENČUROVÁ, V., GABRIEL, B. (1992 C): Vztah obsahu laktózy v mléce k ukazatelům zdravotního stavu mléčné žlázy v první třetině laktace. *Veterinární Medicína (Praha)*, 37, 11, s. 595-604.
- HERING, P., HANUŠ, O., FRELICH, J., PYTLOUN, J., MACEK, A., JANŮ, L., KOPECKÝ, J. (2008): Relationships between the results of various methods of urea analysis in native and enriched milk. *Czech Journal of Animal Science*, 53, 2, s. 64-76.
- HEUER, C., LUINGE, H. J., LUTZ, E. T. G., SCHUKKEN, Y. H., MAAS VAN DER, J. H. (2001): Determination of acetone in cow milk by Fourier transform infrared spectroscopy for the detection of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 84, s. 575-582.
- HILL, A. R., MAKARCHUK, M. J., SZJARTO, L. F. (1991): Comparison of alternative calibration procedures for infra-red milk analyzers. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 24, 5, s. 228-232.
- JÁDUŠ, P., BESEDA, I., KRÁLIKOVÁ, J., VÁLKA, J., ĎURIŠOVÁ, B., STANKO, P. (1992): Funkčne narušená pečeň vo vzťahu ku zníženej titračnej kyslosti mléka. *Veterinární Medicína (Praha)*, 37, 11, s. 605-612.
- JANKOVSKÁ, R. (2004): Využití blízké infračervené spektroskopie (NIR) při hodnocení vybraných mléčných produktů. *Disertační práce*, MZLU v Brně, s. 176.
- JANŮ, L., HANUŠ, O., BAUMGARTNER, C., MACEK, A., JEDELSKÁ, R. (2007): The analysis of state, dynamics and properties of raw cow milk quality indicators in the Czech Republic. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 10, 3, s. 74-85.
- KALA, R., SAMKOVÁ, E., HANUŠ, O., PECOVÁ, L., SEKMOKAS, K., RIAUKIENĚ, D. (2019): Milk protein analysis: An overview of the methods – development and application. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67, 1, s. 345-359.
- KALA, R., SAMKOVÁ, E., PECOVÁ, L., HANUŠ, O., SEKMOKAS, K., RIAUKIENĚ, D. (2018): An overview of determination of milk fat: development, quality control measures, and application. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66, 4, s. 1055-1064.
- KERKHOF MOGOT M. F., KOOPS, J., NEETER, R., SLANGEN, K. J., HEMERT VAN, H., KOOYMAN, O., WOOLDRIF, H. (1982): Routine testing of farm tank milk with the Milko-Scan 203. 1. Calibration procedure and small-scale experiments. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 36, s. 115-130.
- KLÍČNÍK, V. (1978): Technologie živočišných produktů (Mlékařství). SPN, VŠZ Brno, 1978, s. 270.
- KNEGSEL VAN, A. T. M., DRIFT VAN DER, S. G. A., HORNEMAN, M., ROOS, DE A. P. V., KEMP, B., GRAAT, G. A. M. (2010): Ketone body concentration in milk determined by Fourier transform infrared spectroscopy: Value for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, s. 3065-3069.
- KOZELKOVÁ, M. (2012): Využití FT NIR spektroskopie v mlékárenském průmyslu. *Disertační práce*, MU v Brně, s. 209.
- KRATOCHVÍL, L. (1984): Kyselost mléka a hodnota pH. *Náš chov*, 3, 1984, příloha Mlékárenský Průmysl, s. 1-2.
- LEFIER, D., GRAPPIN, R., POCHE, S. (1996): Determination of fat, protein, and lactose in raw milk by Fourier transform infrared spectroscopy and by analysis with a conventional filter-based milk analyzer. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 79, 3, s. 711-717.
- LOPEZ-VILLALOBOS, N., DAVIS, S. R., BEATTIE, E. M., MELIS, J., BERRY, S., HOLROYD, S. E., SPELMAN, R. J., SNELL, R. G. (2009): Breed effects for lactoferrin concentration determined by Fourier transform infrared spectroscopy. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 69, s. 60-64.
- MINEUR, A., HAMMAMI, H., GRELET, C., EGGER-DANNER, C., SÖLKNER, J., GENGLER, N. (2019): Short communication: Investigation of the temporal relationships between milk mid-infrared predicted biomarkers and lameness events in later lactation. *Journal of Dairy Science*, 103.
- MLČEK, J. (2008): Využití NIR spektrometrie pro hodnocení kvality potravin a potravinových surovin. *Disertační práce*, MZLU Brno, s. 146.
- O'CONNOR, C. B. (1970): The titratable acidity of milk. *Irish Agricultural and Creamery Review*, 23, 5, s. 23-25.
- PEN, A. (1995): Ursachen des erhöhten Säuregrades in der Kuhmilch. *Bericht über die 22. Tierzuchttagung BAL Gumpenstein*, Aktuelle Forschungsergebnisse und Versorgungsempfehlungen in der Rindermast und Milchviehfütterung, s. 51-57.
- PEN, A., PUHAN, J., LEBAR, J., MAJCEN, M., SREŠ, F., STAJNKO, M., LAŠIČ, T., KRESLIN D., ČELAK, S., MARINIČ, M. (1994): Problem kisllosti mleka. Živinorejsko-Veterinarski zavod za Pomurje, Oddelek za kmetijsko raziskovanje, Murska Sobota, Slovenija, s. 43.
- PEREIRA, C. G., LUIZ, L. C., BELL, M. J. V., ANJOS, V. (2020): Near and Mid Infrared Spectroscopy to Assess Milk Products Quality: A Review of Recent Applications. *HSAO Journal of Dairy Research and Technology*, 3: 014, s. 1-11.
- PIJANOWSKI, E. (1977): Základy chémie a technológie mliekárstva. *Príroda – Bratislava*, s. 69.
- POLAHÁR, P., BESEDA, I., ĎURIŠOVÁ, E., ŠMIDRIKOVÁ, M., STANKO, P., VÁLKA, J. (1991): Hodnotenie niektorých parametrov mléka při jeho zníženej a normálnej titračnej kyslosti viacrozmerou štatistickou analýzou. *Živočišná Výroba / Czech Journal of Animal Science*, 36, 4, s. 329-335.
- ROOS DE, A. P. W., BIJGAART, VAN DEN, H. J. C. M., HORLYK, L., JONG DE, G. (2007): Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 90, s. 1761-1766.
- RŮŽIČKOVÁ, J. (2007): Aplikace NIR spektrometrie v kontrole kvality zemědělských materiálů a produktů. *Disertační práce*, MZLU Brno, s. 136.
- ŘÍHA, J., HANUŠ, O., KLEINOVÁ, M., KOPUNECZ, P., ROUBAL, P., KOLÁŘ, A., KOPECKÝ, J. (2013): Milk urea analytical result reliability and its methodical possibilities in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, LXI, 1, s. 169-186.
- SAMKOVÁ, E., HANUŠ, O., ŠPIČKA, J., PECOVÁ, L., BEDRNÍČEK, J., KOPUNECZ, P., KLÍMOVÁ, Z., KOPECKÝ, J. (2019): Routine determination of milk fat composition for nutritional and technological purposes. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67, 6, s. 1485-1491.
- SAMKOVÁ, E., ŠPIČKA, J., HANUŠ, O., ROUBAL, P., PECOVÁ, L., HASONOVÁ, L., SMETANA, P., KLIMEŠOVÁ, M., ČÍTEK, J. (2020): Comparison of fatty acid proportions determined by mid-infrared spectroscopy and gas chromatography in bulk and individual milk samples. *Animals*, 10, 6, 1095.
- SEYDLOVÁ, R., ROUBAL, P., JEDELSKÁ, R., HANUŠ, O., KLIMEŠOVÁ, M., KOPECKÝ, J. (2020): Workshop Česká Rybná 21. 10. 2020 Nebakteriální původci mastitid a jejich vliv na kvalitu a technologické vlastnosti mléka. PP prezentace HANUŠ O., SEYDLOVÁ, R., et al.: Možný vliv subklinických mastitid zapříčiněných řasou *Prototheca* na složení a kvalitu mléka.
- SJAUNJA, L. O. (1984 a): Studies on milk analysis of individual cow milk samples. II. Factors affecting milk analyses by infrared technique under laboratory conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34, s. 260-272.
- SJAUNJA, L. O. (1984 b): Studies on milk analysis of individual cow milk samples. III. The effect of different treatments on infrared analyses. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34, s. 273-285.
- SJAUNJA, L. O., ANDERSSON, I. (1985): Laboratory experiments with a new infrared (IR) milk analyzer, the Milko-Scan 605. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 35, s. 345-352.

- SJAUNJA, L. O., PHILIPSSON, J., LUNDSTRÖM, K., SWENSSON, CH. (1984): Studies on milk analysis of individual cow milk samples. IV. Factors affecting milk analyses in a routine system by automated apparatuses. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34, s. 286-299.
- SOYEURT, H., DARDENNE, P., DEHARENG, F., LOGNAY, G., VESELKO, D., MARLIER, M., BERTOZZI, C., MAYERES, P., GENGLER N. (2006 a): Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 89, 9, , 3690-3695.
- SOYEURT, H., DARDENNE, P., GILLON, A., CROQUET, C., VANDERICK, S., MAYERES, P., BERTOZZI, C., GENGLER N. (2006 b): Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *Journal of Dairy Science*, 89, 12, s. 4858-4865.
- SOYEURT, H., DEHARENG, F., GENGLER, N., MCPARLAND, S., WALL, E., BERRY, D. P., COFFEY, M., DARDENNE P. (2011): Mid-infrared prediction of bovine milk fatty acids across multiple breeds, production systems, and countries. *Journal of Dairy Science*, 94, s. 1657-1667.
- SOYEURT, H., BASTIN, C., COLINET, F. G., ARNOULD, V. M-R., BERRY, D. P., WALL, E., DEHARENG, F., NGUYEN, H. N., DARDENNE, P., SCHEFERS, J., VANDENPLAS, J., WEIGEL, K., COFFEY, M., THÉRON, L., DETILLEUX, J., REDING, E., GENGLER, N., MCPARLAND, S. (2012): Mid-infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: potential indicator of mastitis. *Animal*, 6, 11, s. 1830-1838.
- THIEME, D. A., DETTMER, R., SCHMEICHEL, A. (1983 a): Zur physiologischen Säurezahl-Norm für Herdenmischmilch. *Monatshfte für Veterinärmedizin*, 38, 1, s. 13-16.
- THIEME, D. A., GRUNWALD, A., KRON, A., SANDER, W., SCHMEICHEL, A. (1983 b): Normalabweichungen der Säurezahl von Herdenmischmilch und deren Ursachen. *Monatshfte für Veterinärmedizin*, 38, 1, s. 16-24.
- THOMAS, W. LA. (2008): Use of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy to determine the health-promoting index (HPI) of cow's milk. Doctoral Thesis, Iowa State University, s. 88.
- TIPLADY, K. M., LOPDELL, T. J., LITTLEJOHN, M. D., GARRICK, D. J. (2020): The evolving role of Fourier-transform midinfrared spectroscopy in genetic improvement of dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11:39, s. 1-13.
- TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., ROHLÍK, V., TESÁŘÍK, L. (1991): Titrační kyselost mléka z hlediska metabolického profilu dojníc. *Živočišná Výroba / Czech Journal of Animal Science*, 36, 4, s. 321-327.
- VALENBERG VAN, H. J. F. (1990): Standardization and control of instruments for analysis of milk. International Dairy Federation Congress, Montreal, s. 1316-1321.
- VANLIERDE, A., VANROBAYS, M. L., GENGLER, N., DARDENNE, P., FROIDMONT, E., SOYEURT, H., MCPARLAND, S., LEWIS, E., DEIGHTON, M. H., MATHOT, M., DEHARENG, F. (2016): Milk mid-infrared spectra enable prediction of lactation-stagedependent methane emissions of dairy cattle within routine population-scale milk recording schemes. *Animal Production Science*, 56, s. 258-264.
- VINES, D. T., JENNY, B. F., WRIGHT, R. E., GRIMES, L. W. (1986): Variation in milk fat, protein and somatic cell count from four dairy herd improvement laboratories. *Journal of Dairy Science*, 69, s. 2219-2223.
- VOORT VAN DE, F. R., KERMASHA, S., SMITH, J. P., MILLS, B. L., NG-KWAI-HANG, K. F. (1987): A study of the stability of record of performance milk samples for infrared milk analysis. *Journal of Dairy Science*, 70, s. 1515-1523.
- VOSMAN, J. J., DE JONG, G., EDING, H., KNIJN, H. (2015): Genetic evaluation for ketosis in the Netherlands based on FTIR measurements. *Interbull Bulletin*, 49: Orlando, Florida, s. 1-5.
- ZAALBERG, R. M., BUITENHUIS, A. J., SUNDEKILDE, U. K., POULSEN, N. A., BOVENHUIS, H. (2018): Genetic analysis of otic acid predicted with Fourier transform infrared milk spectra. *Journal of Dairy Science*, 103, s. 3334-3348.

Korespondující autor: Dr. Ing. Oto Hanuš,
Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,
160 00 Praha 6, e-mail: hanus.oto@seznam.cz

*Přijato to tisku: 26. 2. 2021
Lektorováno: 23. 3. 2021*

VLASTNOSTI HYDROGELŮ Z KYSELÉ SYROVÁTKY A KARBOXYMETHYLCELULÓZY S RŮZNÝMI SÍTOVACÍMI ČINIDLY

**Jitka Peroutková, Markéta Borková, Alexandra Šalaková,
Jan Drbohlav**

Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o.

**The properties of hydrogels from acid whey and
carboxymethylcellulose with various crosslinkers**

Abstrakt

Cílem práce je vývoj hydrogelů pro zemědělské aplikace na bázi biodegradovatelných složek s využitím odpadních látek, jako je kyselá syrovátka. Testován byl vliv různých síto vad na vlastnosti hydrogelu vyrobeného z kyselé syrovátky a karboxymethylcelulózy. Použita byla následující síto vací činidla a jejich kombinace – kyselina citrónová a jako možný zdroj dusíku a fosforu močovina a dihydrogenfosforečnan draselný. Jako nejperspektivnější se jevila kombinace hydrogelu s 3 % kyseliny citrónové a 2 % močoviny. Tento xerogel, tj. vysušený hydrogel, absorboval ve 2. až 5. cyklu bobtnání největší množství vody a to 718 %, 647 %, 649 % a 578 % (vztaženo k hmotnosti xerogelu na začátku daného cyklu). Z důvodu případné ekonomické úspory byla vyzkoušena výroba hydrogelu z technické karboxymethylcelulózy a močoviny, xerogel z těchto surovin však měl velmi malou absorpční schopnost. Byl také sledován vliv způsobu bobtnání na schopnost xerogelů absorbovat vodu.

Klíčová slova: hydrogel, kyselá syrovátka, karboxymethylcelulóza, kyselina citrónová, absorpce

Abstract

The aim of this work is the development of hydrogels for agricultural applications based on biodegradable components using waste materials such as acid whey. The effect of various crosslinkers on the properties of a hydrogel made from acid whey and carboxymethylcellulose was tested. The following crosslinking agents and their combinations were used - citric acid and urea and potassium dihydrogen phosphate as possible sources of nitrogen and phosphorus. The most promising hydrogel was composed of 3% citric acid and 2% urea. Dried hydrogel, i.e. xerogel, absorbed the largest amount of water in the 2nd to 5th swelling cycle, namely 718%, 647%, 649% and 578% (based on the weight of the xerogel at the beginning of the cycle). The production of hydrogel from technical carboxymethylcellulose and urea was tested due to possible economic savings. However, the xerogel produced from these raw materials had a very low absorption