

STANOVENÍ OBSAHOVÝCH SLOŽEK KOZÍHO MLÉKA POMOCÍ FT NIR SPEKTROMETRIE

K. Šustová, J. Kuchtík

Došlo: 3. dubna 2007

Abstract

ŠUSTOVÁ, K., KUČTÍK, J.: *Analysis of goat's milk by FT Near Infrared spectroscopy*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2007, LV, No. 4, pp. 103–110

Our work deals with a possibility of determining basic composition (fat, true protein, casein, lactose and somatic cells) of goat's milk Fourier transform near-infrared spectroscopy (FT NIR). Samples of milk were warmed to 40 °C, agitated, cooled to 20 °C, transferred to Petri dishes and analysed by reference methods and by FT NIR in reflectance mode. The measured area was spaced by a metallic mirror. Statistically significant differences between the reference values and the calculated values of NIR were not found ($p = 0.05$). Very high correlation coefficients were determined for goat's milk: fat 0.907, protein 0.989, casein 0.890 and lactose 0.981. The study showed that NIRS method, when samples of milk are measured on Petri dishes, is a useful technique for the prediction of fat, true protein, casein and lactose in goat's milk. Results of calibration for somatic cells are not accurate (correlation coefficients of calibration 0.885 and correlation coefficients of validation 0.566).

near-infrared spectroscopy, goat's milk, fat, true protein, casein, lactose, chemical composition, somatic cells

V posledních letech se začínají prosazovat při analýzách mléka a mléčných výrobků FT NIR spektrometrie. FT NIR spektrometrie je relativně nová analytická metoda, kterou řadíme k tzv. nedestruktivním metodám. Vzorky není třeba před analýzou nijak upravovat, měření je velmi rychlé. V mlékařství se využívá FT NIR analýz u celé řady meziproduktů a produktů, běžně např. jako rychlé analytické metody při kontrole výroby jogurtů, tavených sýrů a tvarohů, především pro stanovení jejich sušiny, obsahu bílkovin a tučnosti. Vzorek není nutné převádět do roztoku jako při využití jiných metod stanovení obsahu základních složek, což umožňuje rychle analyzovat poměrně velké množství vzorků a případně operativně zasáhnout do technologie výroby. Využití nachází tato technika ve stále větší míře také při kontrole výroby sušeného mléka, másla a použitelná je i při analýzách mléka, především opět ke kontrole obsahu sušiny, tuku, bílkovin a laktózy. V případě stanovování obsahových složek ve vzorcích je nutné pro-

vést přesnou kalibraci FT NIR spektrometru pomocí vhodného souboru kalibračních standardů o známém složení pomocí vhodných analytických metod. Kalibračních vzorků by mělo být nejméně 30 a měly by pokrývat celý koncentrační rozsah.

Jako instrumentální metoda stanovení obsahových složek v mléce se většinou využívá měření na přístrojích Milko-Scan v oblasti MIR (O'SULLIVAN et al., 1999). Metodické principy stanovení obsahových složek mléka pomocí NIR spektrometrů nejsou totožné, resp. se vývojově liší od dříve popisovaných vlastností MIR spektroskopie mléka (HANUŠ et al., 1992a,b). Měřením složení homogenizovaného kravského mléka na FT NIR spektrometru se zabývali RU & GLATZ, 2000; ALBANELL et al., 2003. Problematice měření složení nehomogenizovaného mléka se věnuje méně prací (TSENKOVA et al., 2000; TSENKOVA et al., 2001; JANKOVSKÁ. & ŠUSTOVÁ, 2003). Někteří autoři se zabývali stanovením složení syrového mléka pomocí sondy při použití optického

vlákna (KUKAČKOVÁ et al., 2000; TURZA et al., 2002). Kozi mléko má v porovnání s mlékem kravským nižší absorpci v IČ oblasti, a proto je pro měření složení koziho mléka nutné používat samostatných kalibrací. Aplikací NIR spektrometrie k analýze koziho mléka se zabývá jen velmi málo prací (DIAZ – CARRILLO et al., 1993; ALBANELL et al., 2003). O možnosti stanovit základní složení koziho mléka se zmiňují autoři GIANGIACOMO & CATTANEO (2004).

Cílem naší práce bylo studium možnosti uplatnění FT NIR spektrometrie ke stanovení obsahových složek koziho mléka. Zaměřili jsme se na stanovení čistých bílkovin, kaseinu, tuku, laktózy a somatických buněk. Rychlá možnost analýzy mléka, zejména kaseinu, by přispěla k objektivizaci posouzení kvality koziho mléka.

MATERIÁL A METODY

Materiál

Vzorky koziho mléka byly odebírány ze soukromé kozi farmy Šošůvka Sedlák. Po odběru byly vzorky mléka ihned vychlazeny na teplotu 6–8 °C, uloženy do chladicích přepravek a přepraveny na Ústav technologie potravin, AF MZLU v Brně, kde byly ještě v den odběru analyzovány. Před vlastním měřením byly vzorky mléka zahřáty na 40 °C ve vodní lázni a po promíchání následně ochlazeny na 20 ± 1 °C.

Referenční metody

Obsah čistých bílkovin byl stanoven na přístroji PRO-MILK Mk-II dánské firmy Foss Electric na základě interakce bílkoviny s amidočerní 10B. Po vysrážení kaseinu byl stanoven stejným způsobem obsah syrovátkových bílkovin a obsah kaseinu byl dopočítán (ISO 5542: 1984). Přístroj PRO-MILK byl kalibrován na čisté bílkoviny, které se vysrážely kyselinou trichloroctovou, po jejich mineralizaci metodou podle Kjeldahla byl stanovený obsah dusíku násoben faktorem 6,38 (OFFICIAL JOURNAL L 206). Obsah tuku byl stanovován acidobutyrometricky metodou podle Gerbera (ISO 488: 1983). Obsah laktózy byl stanovován polarimetricky (ISO/DIS 5765: 1998). Počet somatických buněk byl stanovován na přístroji COMBIFOSS firmy Foss Electric podle metodiky Centrální akreditované laboratoře v Brně (ISO 13366-2: 1997).

FT NIR analýza

K měření vzorků koziho mléka byl používán přístroj FT NIR Antaris (fy Nicolet, USA). Zdrojem záření je halogenová žárovka, s rozsahem vlnových (vlnových délek) 10 000–4 000 cm^{-1} (1 000–2 500 nm), detek-

tor InGaAs, dělič paprsků CaF₂, ovládací software Omnic, Result (ThermoNicolet Corp., USA).

Na přístroji byla měřena spektra mléka v režimu reflektance na integrační sféře. Vzorek byl umístěn do Petriho misky a odraz paprsku byl zajištěn kovovým zrcátkem o $h = 0,2$ mm. Počet snímání jednoho spektra byl 100 scanů se spektrálním rozlišením 8. Čas snímání jednoho spektra byl ~ 1,5 min. Každý vzorek byl proměřen třikrát a pro kalibraci bylo použito průměrné spektrum. Naměřená spektra nebyla upravována a pro kalibraci byla použita přímo.

Statistické vyhodnocení

Výsledky analýz byly hodnoceny programem Unistat 4.53 a Microsoft Excel 2000. U všech referenčních ukazatelů byly vypočteny souhrnné statistické charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum). Korelační koeficienty a směrodatné odchylky kalibrace a validace byly získány v operačním programu TQ Analyst. Odlehle standardy byly identifikovány v programu TQ Analyst pomocí diagnostik: PC Scores, Spectrum Outlier a Leverage (THERMONICOLET, 2004). Rozdíly mezi sledovanými parametry u referenčních a predikovaných hodnot byly testovány z-testem.

VÝSLEDKY A DISKUSE

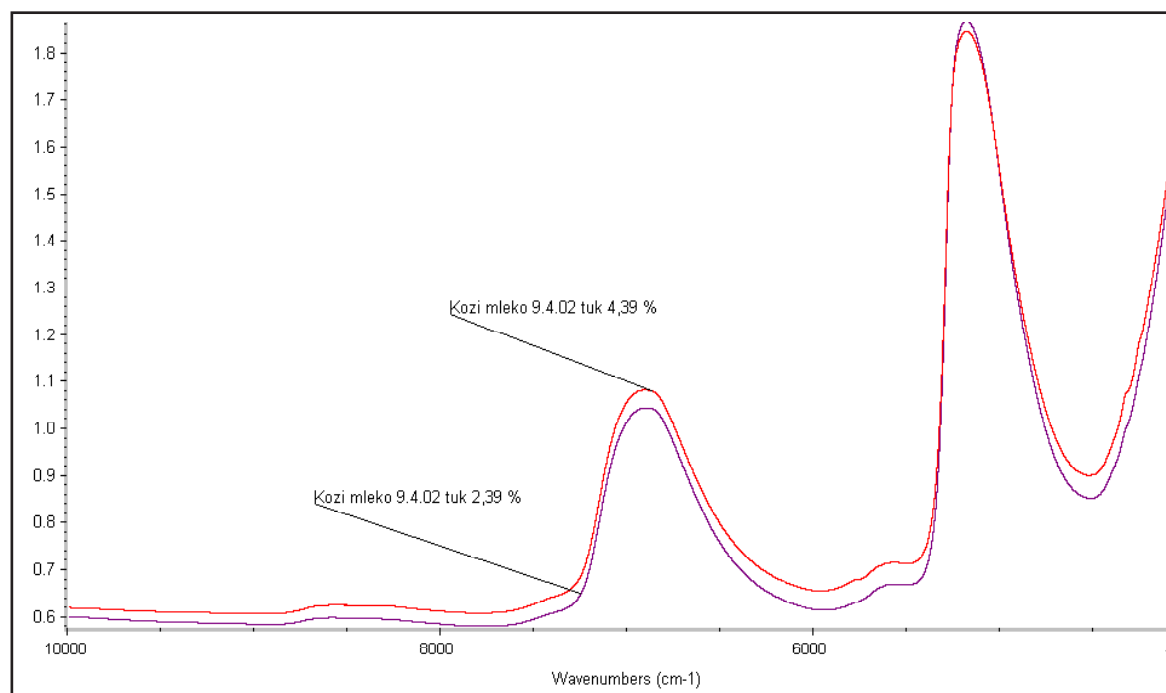
K vyhotovení kalibračních modelů bylo použito 64 vzorků koziho mléka pro kalibrační model stanovení čistých bílkovin a 35 vzorků pro kalibrační modely na stanovení obsahu kaseinu, tuku, laktózy a somatických buněk. Program Spectrum Outlier navrhl spektra některých odlehlých vzorků eliminovat, čehož bylo využito při tvorbě kalibračních modelů pro tuk a kasein. Skutečný počet vzorků použitý pro kalibrační modely je uveden v tab. II. Kozi mléko se svým základním složením podobá kravskému mléku, a proto se daly při tvorbě kalibračních modelů předpokládat podobné výsledky jako u kravského mléka. Na obr. 1 jsou zobrazena spektra koziho mléka odlišující se rozdílným obsahem tuku. Pro každou složku byly vybrány regiony vlnových délek, aby bylo dosaženo co nejvyšších hodnot korelačních koeficientů kalibrace a validace (tab. I). V své práci DIAZ – CARRILLO (1993) identifikovali oblasti vlnových délek, kde dochází k největší absorpci pro složky koziho mléka. Podle nich je to oblast kolem 1500 až 1936 nm. V oblasti 1212 nm má být největší absorpce pro bílkoviny koziho mléka. Naše práce poukazuje na oblast 1012 až 2408 nm pro obsah čistých bílkovin. Pro další složky jsou vybrané oblasti následující: podle DIAZ – CARRILLO (1993) pro tuk 1722–1764 nm, pro laktózu 2112 nm. Oblasti vlnových délek navržené pro naše kalibrace jsou tedy velmi podobné, jak je patrné z tabulky I.

I: Vybrané oblasti vlnočtů pro složky koziho mléka

Kalibrované složky	Vybrané vlnové délky (cm ⁻¹)
Čisté bílkoviny (%)	9881,46–4153,34
Tuk (%)	4065,20–9909,03
Laktóza (%)	5889,74–5440,22 4512,61–4144,52
Kasein (%)	9866,04–4074,01 4616,00–4106,00
Somatické buňky (1000/ml)	5889,74–5440,22 4512,61–4144,52 7120,00–7087,00

II: Statistické vyhodnocení referenčních vzorků použitých ke kalibraci

Kalibrační složky	n	Koncentrační rozpětí	PLS faktory (PRESS)	min	max	prům	s _x
Čisté bílkoviny (%)	64	1,80–3,41	9	1,87	3,34	2,63	0,39
Tuk (%)	32	2,29–4,49	5	2,39	4,26	3,39	0,52
Laktóza (%)	35	3,48–5,13	11	3,55	5,05	4,53	0,31
Kasein (%)	29	1,33–2,86	6	1,40	2,49	2,11	0,26
Somatické buňky (1000/ml)	35	13,10–66,00	10	66,00	13097,00	1758,46	2,43.10 ³



1: Ukázka NIR spekter koziho mléka

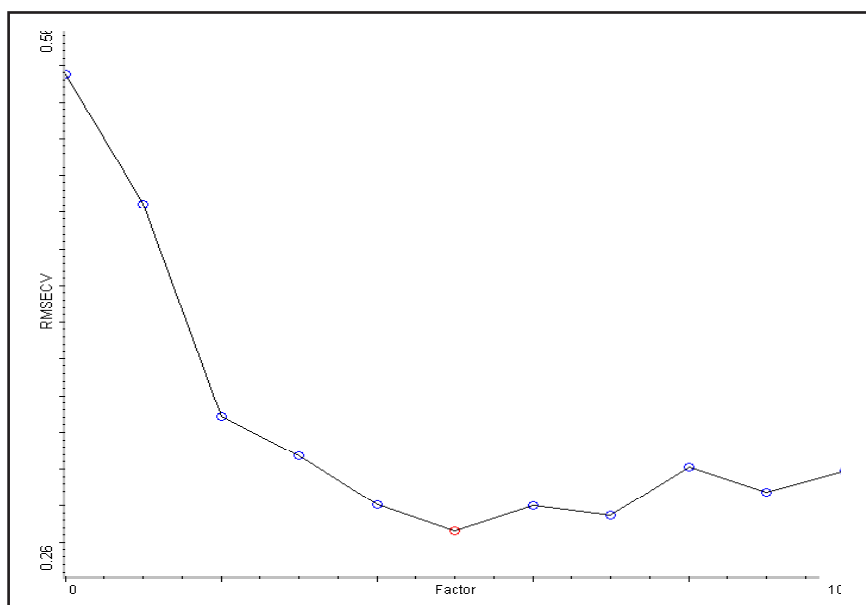
Kalibrační modely byly vytvořeny pomocí PLS algoritmu (metoda částečných nejmenších čtverců). Spolehlivost modelů byla ověřena křížovou validací se stejnou skupinou vzorků. Indikátorem chyby kalibrace PLS metody jsou hodnoty PRESS (predicted residual error sum of squares – diagnostika, která zob-

razuje, jak se hodnota predikované zbytkové chyby sumy čtverců mění s číslem faktorů použitých ke kalibraci každé složky stanovené aktivní metodou). Při optimálním průběhu PRESS dochází k prudkému poklesu a další pokles je pozvolný. Optimální počet PLS faktorů bude nalezen tehdy, jestliže hod-

nota PRESS bude minimální. Vysoký počet PLS faktorů snižuje schopnost predikce, protože PRESS zahrnuje i spektrální šum. PLS faktory jsou seřazeny podle množství variability, kterou reprezentují. První faktor popisuje nejvíce variability kalibračních standardů. Každý další faktor popisuje většinu ze zbývajících variability. Nicméně první faktor obsahuje většinu společné informace obsažené v datech. Zbývající faktory popisují specifitější informace prezentující malé změny v datech, které jsou pro analýzu často důležité. Pokud má funkce PRESS prudce klesající trend, vypovídá to o značné robustnosti kalibračního modelu. Dochází k rychlému snížení chyby v datech a minimální chyba je stanovena ve čtvrtém bodě. Takovýto model je většinou charakterizován vysokými korelač-

ními koeficienty, nízkými směrodatnými odchylkami a lze jej použít pro stanovení dané složky.

Koncentrační rozpětí obsahových složek mléka a hodnoty PLS faktorů pro jednotlivé kalibrační modely jsou uvedeny v tabulce II. Po vytvoření kalibračních modelů pro každou složku byla zkontrolována chyba stanovení a pokud funkce PRESS neměla klesající tendenci, model byl znovu kalibrován. Největší počet PLS faktorů byl nalezen pro laktózu a somatické buňky. Jedná se o složitější závislosti. I když je koncentrační rozpětí hodnot poměrně vysoké, není pokryto hodnotami rovnoměrně a vznikají tak „prázdná“ místa v kalibračním souboru hodnot. Pro zlepšení regresní závislosti by bylo vhodné doplnit model o další vzorky a tím by se snížil i počet PLS faktorů. Nejvíce klesající trend měla funkce PRESS pro obsah tuku (obr. 2).



2: Funkce PRESS pro stanovení tuku u koziho mléka. Bylo vybráno 5 PLS faktorů jako optimum

Korelační koeficienty kalibrace byly pro jednotlivé složky získány v rozmezí od 0,989 pro čisté bílkoviny do 0,885 pro somatické buňky se směrodatnými odchylkami kalibrace 0,06 % a $1,13 \cdot 10^3$ 1000/ml. Spolehlivost modelů byla ověřena křížovou validací se stejnou skupinou vzorků. Bylo dosaženo korelačních koeficientů validace v rozmezí 0,972–0,566 se směrodatnými odchylkami validace 0,09 % a $2,11 \cdot 10^3$ 1000/ml opět pro stejné složky, což ukazuje, že nejspolehlivější model byl získán pro čisté bílkoviny a nejméně spolehlivý model pro somatické buňky, kde je i největší rozdíl mezi korelačními koeficienty kalibrace a validace a nedá se hovořit o robustnosti modelu (tab. III a IV).

Kalibrační a predikční variační koeficienty potvrzují naši domněnku o spolehlivosti modelů. Největší variabilita byla potvrzena u somatických buněk, kde je koncentrační rozpětí vysoké, ale není pravidelně pokryto hodnotami. Mírná závislost mezi referenčními a predikovanými hodnotami byla nalezena, ale pro analytické použití je tento model nevhodný. Vzhledem k vysoké variabilitě hodnot není jisté, zda rozšíření modelu by přineslo zlepšení regresní závislosti. Za velmi spolehlivé modely, na základě variačních koeficientů, můžeme označit modely pro čisté bílkoviny a laktózu, kde se jedná o robustní modely. Za spolehlivé pak modely pro tuk a kasein, které jsou méně robustní.

III: Kalibrační výsledky pro složky koziho mléka

Kalibrační složky	$a \pm bx_i$	SEC	CCV(%)	R
Čisté bílkoviny (%)	0,058 + 0,978	0,06	2,28	0,989
Tuk (%)	0,604 + 0,822	0,22	6,49	0,907
Laktóza (%)	0,167 + 0,963	0,06	1,32	0,981
Kasein (%)	0,439 + 0,792	0,12	5,68	0,890
Somatické buňky (1000/ml)	379,96 + 0,784	1,13.10 ³	64,26	0,885

$a \pm bx_i$ – parametry regresní přímky; R – korelační koeficient; SEC – směrodatná odchylka kalibrace; CCV – kalibrační variační koeficient

IV: Validační výsledky pro složky koziho mléka

Kalibrační složky	$a \pm bx_i$	SEP	PCV(%)	R
Čisté bílkoviny (%)	0,162 + 0,937	0,09	3,42	0,972
Tuk (%)	0,862 + 0,746	0,29	8,55	0,835
Laktóza (%)	0,627 + 0,862	0,11	2,43	0,930
Kasein (%)	0,514 + 0,757	0,16	7,58	0,814
Somatické buňky (1000/ml)	886,77 + 0,476	2,11.10 ³	119,99	0,566

$a \pm bx_i$ – parametry regresní přímky; R – korelační koeficient; SEP – směrodatná odchylka predikce; PCV – predikční variační koeficient

V: Výsledky testování

Kalibrační složky	n	xNIR	xREF	d	z
Čisté bílkoviny (%)	64	2,629	2,628	0,001	
Tuk (%)	32	3,390	3,390	0,000	
Laktóza (%)	35	4,534	4,534	0,000	
Kasein (%)	29	2,111	2,113	-0,002	
Somatické buňky (1000/ml)	35	1758,457	1758,943	-0,486	

$z < z_i$ ($p < 0,05$)

xNIR = hodnoty predikované; xREF = hodnoty referenční; d = diferenční rozdíl predikovaných a referenčních hodnot; z – z-test

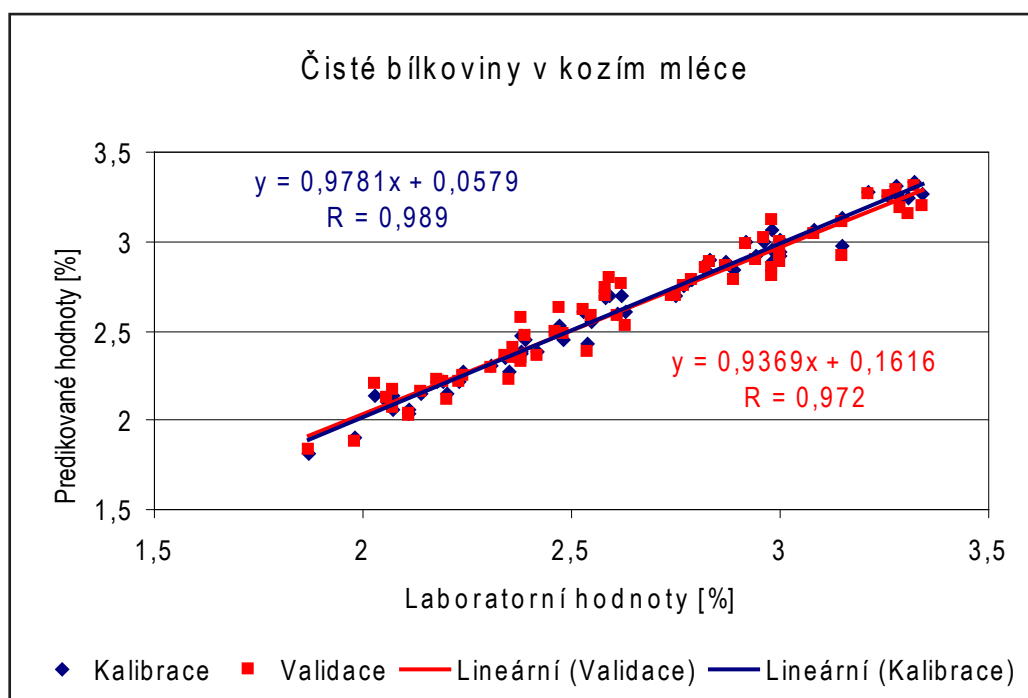
Testováním rozdílnosti referenčních a predikovaných hodnot bylo potvrzeno (tab. V), že ani u jedné ze sledovaných složek není statisticky významný rozdíl mezi metodami stanovení ($z < z_i$).

Stanovením základních složek koziho mléka NIR spektroskopii se nejvíce zabýval kolektiv DIAZ – CARRILLO (1993). Ve svých pracích dosáhli vysokých korelačních koeficientů, které jsou srovnatelné s našimi výsledky. Ke kalibraci použili také metodu PLS, ale 50 vzorků bylo měřeno v režimu transmittance. Korelační koeficient kalibrace R pro bílkoviny dosáhl hodnoty 0,96 a SEP byla 0,15 %. V naší práci je hodnota R vyšší, a to 0,99 se SEP 0,09 %. Pro obsah kaseinu, tuku a laktózy naměřil DIAZ – CARRILLO (1993) tyto výsledky: kasein R = 0,96; SEP = 0,29 %, tuk R = 0,96; SEP = 0,26 %, laktóza R = 0,99; SEP = 0,09 %. Naše výsledky jsou srovnatelné pro laktózu, o něco horší pro tuk a kasein.

Dalším týmem, který se zabýval kozím mlékem

a možností stanovit základní složky koziho mléka NIR spektroskopii, byl ALBANELL et. al. (2003). Vzorky byly měřeny také reflektancí a dosáhli těchto výsledků pro korelační koeficienty kalibrace a validace: tuk 0,98 a 0,97, bílkoviny 0,95 a 0,95, kasein 0,92 a 0,92, sušina 0,95 a 0,95 a somatické buňky 0,79 a 0,74. Naše výsledky pro somatické buňky se významně liší od uvedených výsledků, ale i zde bylo dosaženo poměrně nízkých hodnot korelačních koeficientů, což je zřejmě způsobeno příliš vysokou variabilitou referenčních hodnot. Naměřené rozdíly budou zřejmě způsobeny i tím, že obsah somatických buněk byl referenčně stanovován na přístroji Combifoss, který je kalibrován na kravské mléko.

Obr. 3 ukazuje kalibrační a validační závislost pro nejspolehlivější model – obsah čistých bílkovin. Z uvedených výsledků a srovnání s ostatními autory můžeme říci, že dané modely jsou vhodné k analytickému použití.



3: Kalibrační a validační výsledky pro stanovení čistých bílkovin u kozího mléka

SOUHRN

Práce se zabývá možností stanovení základních složek kozího mléka (čistých bílkovin, kaseinu, tuku, laktózy a somatických buněk) FT NIR spektrometrem. Vzorky mléka byly před vlastním měřením zahřáty na teplotu 40 °C, protřepány a ochlazený na 20 °C. Poté byly umístěny na Petriho misku a proměřeny kovovým zrcátkem na integrační sféře. Výsledky kalibračních korelačních koeficientů: tuk 0,907, bílkoviny 0,989, kasein 0,890, laktóza 0,981. Hotové kalibrační modely byly ověřeny křížovou validací. Z-testem nebyly zjištěny rozdíly mezi referenčními hodnotami a hodnotami naměřenými NIR spektrometrem ($p = 0,05$). Z uvedených výsledků vyplývá, že NIR spektrometr je možno použít k rychlé analýze základních složek kozího mléka. U kalibračního modelu pro stanovení obsahu somatických buněk byly naměřeny jen nízké hodnoty korelačních koeficientů (pro kalibraci $R = 0,885$; pro validaci $R = 0,566$). Kalibrační model se tedy nehodí pro přesné stanovení obsahu somatických buněk v kozím mléce.

blízká infračervená spektroskopie, kozí mléko, tuk, čisté bílkoviny, kasein, laktóza, chemické složení, somatické buňky

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla zpracována s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

LITERATURA

- ALBANELL, E., CAJA, G., SUCH, X., ROVAI, M., SALAMA, A., CASALS, R.: Determination of Fat, Protein, Casein, Total Solids and Somatic Cell count in goat's Milk by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of AOAC International*, 2003, 86, 4, 746–752.
- DIAZ – CARRILLO, E., MUNOZ – SERRANO, A., ALONSO – MORAGA, A., SERRADILLA – MANRIQUE, J. M.: Near Infrared calibrations for goat's milk components: protein, total casein, α_s - β_s - and κ - caseins, fat and lactose, *J. Near Infrared Spectrosc.*, 1993, 1, 141–146.
- GIANGIACOMO, R., CATTANEO, T. M. P.: Near-

- Infrared Spectroscopy in Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA USA, 2004, 822 p. ISBN: 0-89118-155-5
- HANUŠ, O., BENDA, P., GENČUROVÁ, V.: Tests of Milkofix a new preservative substance for milk samples used for the purposes of an infrared analysis of basic milk composition. Part I. Checks of bacteriostatic and bactericidal abilities and interferential effect. (In Czech) *Veterinární medicína*, 1992a, 37, 1, 21–31.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., GABRIEL, B.: The effect of sample aging on the accuracy of an infrared analysis of basic milk composition. (In Czech) *Veterinární medicína*, 1992b, 37, 3, 149–160.
- HANUŠ, O., GENČUROVÁ, V., ŽVÁČKOVÁ, I.: Tests of Milkofix a new preservative substance for milk samples used for the purposes of an infrared analysis of basic milk composition. Part II. Checks of preservative effects in relation to the infrared analysis. (In Czech) *Veterinární medicína*, 1992, 37, 1, 33–43.
- ISO 488: 1983 Mléko. Stanovení obsahu tuku. Gerberův butyrometr.
- ISO/DIS 5765: 1998 Mléko, mléčné výrobky a potraviny obsahující mléčné výrobky. Stanovení laktózy za přítomnosti ostatních redukujících složek.
- ISO 13366-2: 1997 Mléko. Stanovení somatických buněk. Část 2: Metoda elektronického počítání částic.
- ISO 5542: 1984 Mléko. Stanovení obsahu proteinů. Běžná metoda pomocí vazby na amidickou čern.
- JANKOVSKÁ, R., ŠUSTOVÁ, K.: Analysis of cow milk by near-infrared spectroscopy. *Czech J. Food Sci.*, 2003, 21, 4, 123–128.
- KUKAČKOVÁ, O., ČURDA, L. & JINDŘICH, J.: Multivariate calibration of raw cow milk using NIR spectroscopy. *Czech J. Food Sci.*, 2000, 18, 1, 1–4.
- OFFICIAL JOURNAL, L., 206. Eighth Commission Directive 78/633/EEC of June 15, 1978 Establishing Community Methods of Analysis for the Official Control of Feeding Stuffs, July 29, 1978, pp. 0043–0055.
- O’SULLIVAN, A., O’CONNOR, B., KELLY, A. M., MCGRATH, M.: The use of chemical and infrared methods for analysis of milk and dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 1999, 52, 4, 139–148.
- RU, Y. J., GLATZ, P. C.: Application of Near Infrared Spectroscopy (NIR) for Monitoring the Quality of Milk. Cheese. Meat and Fish. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.*, 2000, 13, 7, 1017–1025.
- THERMONICOLET. *Spektroskopický software TQ Analyst*, Firemní literatura, kurz 14.–15. června 2004, Praha, 51 s.
- TSENKOVA, R., ATANASSOVA, S., ITOH, K., OZAKI, Y., TOYODA, K.: Near infrared spectroscopy for bio monitoring: Cow milk composition measurement in a spectral region from 1.100 to 2.400 nanometers. *American Sci. of Animal.*, 2000, 78, 515–522.
- TSENKOVA, R., ATANASSOVA, S., TOYODA, K.: Near Infrared Spectroscopy for Diagnosis: Influence of Mammary Gland Inflammation on Cow’s Milk Composition Measurement. *Near Infrared Analysis*, 2001, 2, 1, 59–66.
- TURZA, S., CHEN, J. Y., TERAZAWA, Y., TAKUSARI, N., AMARI, M., KAWANO, S.: On-line monitoring of Rumen Fluid in Milking Cow’s by Fibre Optics in Transmittance Mode Using the Longer NIR Region. *J. Near Infrared Spectrosc.*, 2002, 10, 111–120.

Adresa

Ing. Květoslava Šustová, Ph.D., Ústav technologie potravin, Doc. Dr. Ing. Jan Kuchtík, Ústav chovu a šlechtění zvířat, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, sustova@mendelu.cz

