

MOŽNOSTI VYUŽITÍ SPEKTROSKOPIE NIR V MASNÉM PRŮMYSLU

JIŘÍ MLČEK^a, OTAKAR ROP^a, KVĚTOSLAVA ŠUSTOVÁ^b, JANA SIMEONOVÁ^b a ROBERT GÁL^a

^a Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Náměstí T.G. Masaryka 275, 762 72 Zlín,

^b Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
mlcek@ft.utb.cz

Došlo 9.7.09, přepracováno 26.1.10, přijato 12.2.10.

Klíčová slova: spektroskopie NIR, chemické složení masa, kvalita masa

Obsah

1. Úvod
2. Stanovení chemického složení masa
3. Schopnost techniky NIR predikovat kvalitu masa
 - 3.1. Technologické charakteristiky
 - 3.2. Senzorické charakteristiky
 - 3.3. Kategorizace do tříd kvality
4. Výhody a nevýhody spektroskopie NIR
5. Závěr

1. Úvod

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS) je analytická technika, která využívá zdroj emitujícího záření známé vlnové délky (obvykle 800–2500 nm, tj. 12500–4000 cm⁻¹) a umožňuje získat kompletní obraz organického složení analyzovaného materiálu¹. Principem metody je pohlcování, nebo reflexe různých vlnových délek dopadajícího záření, které závisí na chemickém složení analyzovaného vzorku. Spektroskopie v NIR oblasti se v potravinářství a zemědělství jako jediných oborech uplatňuje již od 60. let minulého století (stanovení obsahu vody, proteinů, tuků a sacharidů). Další uplatnění našla ve farmacii, petrochemii, medicíně a při sledování životního prostředí². Aplikace spektroskopie NIR je však mnohem širší a zahrnuje i stanovení senzorických a fyzikálně chemických parametrů³.

Blízká infračervená spektroskopie je velmi používána v oblasti masného průmyslu, kde se aplikuje ke zjišťování kvantitativních znaků (obsah vody, tuku, bílkovin atd.), ale také se spektroskopie NIR uplatňuje při posuzování kvality masa z hlediska technologických a senzorických znaků.

2. Stanovení chemického složení masa

V mase existují silné inverzní vzájemné vztahy mezi tukem a obsahem vody, kde koeficient determinace (R^2) = 0,99. Menší, avšak stále významný je vzájemný vztah mezi tuky a proteiny (R^2 = 0,87). Suma těchto tří komponent je konstantní, obvykle mezi 97–99 % v mase. Proto není překvapivé, že právě tyto komponenty představují velký stupeň rozdílu ve vlastnostech masné kvality. Technika NIR umožňuje měření všech těchto tří složek najednou⁴.

Technika NIR byla poprvé použita v kvantitativní analýze masa Karlem Norrisem a jeho kolegy v Instrumental Research Laboratory, USDA v Beltsvillu v roce 1968 (cit.⁵). Používali Cary 14 spectrophotometer (Varian, Palo Alto, CA) s monochromatickým skenováním. Pro stanovení tuku a vlhkosti v homogenizovaném mase našli nejvhodnější oblast mezi 1500–1850 nm. Byly měřeny rozdílné druhy masa, jak syrové, tak vařené. Analýza NIR predikovala tuky a bílkoviny se směrodatnou chybou ± 21 a ± 14 g kg⁻¹.

Ve dvou dalších dekadách bylo publikováno mnoho dalších zpráv o technice NIR ve stanovování hlavních složek masa. Přehled o těchto studiích vypracoval Hildrum a spol.⁶ Martens a spol.⁷ použili přístroj InfraAlyzer 400, Technicon pro analýzu syrového, homogenizovaného hovězího a vepřového masa a získali SEP (směrodatná odchylka predikce) pro tuky, proteiny a vodu 5,7–11,4 g kg⁻¹. Lanza používal přístroj Neotec 6350, Pacific Scientific v měření reflektance i transmitance pro vepřové a hovězí maso⁸. Obě techniky byly vhodné pro měření vlhkosti, avšak pro měření tuku a bílkovin byla vhodnější technika reflektance. Složení tří typů masných produktů (uzené párky, masové nářezy a masové paštiky) od 24 různých výrobců bylo analyzováno v režimu transmitance⁹. Použili vlnovou délku 850–1050 nm a pro bílkoviny a tuky získali SEP v rozsahu 3,8–8,8 g kg⁻¹. Predikce sacharidů byla méně uspokojivá. Isaksson a spol. porovnávali reflektanci NIR (přístroj InfraAlyzer 500, 1100–2500 nm) s transmitancí (přístroj Infratec, Foss Group, Hillerod, Denmark, 850–1050 nm) v analýze homogenizovaného hovězího masa. Dospěli k názoru, že obě techniky jsou vhodné pro analýzu a měření přes transparentní obaly (polyamid/polyethylen) dává nesignifikantní nárůst chyby predikce¹⁰. I další autoři získali podobnou chybu predikce pro syrové homogenizované vepřové a hovězí maso jako výše uvedení autoři¹¹. Cozzolino a spol. měřili neporušené a mleté drůbeží maso. Dosáhli relativně vysokých korelačních koeficientů, chyba predikce byla však překvapivě vysoká pro mleté vzorky (2–7 g kg⁻¹)¹². Mnoho dalších autorů se zabývá stanovením základních složek v různých druzích masa. Dnes jsou již vytvořeny početné kalibrace pro chemické složení hovězího masa^{13–16}, vepřového ma-

sa^{17,18} a drůbežího masa^{19–21}, ale i králičího masa²² a jehněčího masa²³.

Znalost složení masa z pohledu mastných kyselin je velmi atraktivní pro výživáře a konzumenty, protože nadbytek nasycených mastných kyselin se jeví jako nežádoucí. Windham a Morrison používali spektroskopii NIR ke stanovení jednotlivých a celkových mastných kyselin v hovězím mase (svalu *Longissimus dorsi*). Skenovali více než 300 vzorků systémem NIRSystem 6500 (Foss NIR-System, Silver Spring, MD) v rozsahu vlnových délek 400–2498 nm. Celkové mastné kyseliny byly touto metodou naměřeny v rozsahu 432–620 g kg⁻¹ pro nasycené a 383–562 g kg⁻¹ pro nenasycené mastné kyseliny. Použili metodu PLS (metoda částečných nejmenších čtverců) a získali tyto výsledky SEP = 11,0 g kg⁻¹ a R² = 0,77 pro nasycené mastné kyseliny a SEP = 11,3 g kg⁻¹ a R² = 0,77 pro nenasycené mastné kyseliny. Predikce výsledků pro kyselinu olejovou a palmitovou byly na stejné úrovni jako výše uvedené výsledky, zatímco jiné mastné kyseliny ve studii byly predikovány s menší přesností²⁴. Mezi další autory, kteří se zabývali stanovením mastných kyselin, patří Ripoché a Guillard²⁵, Gonzales-Martin a spol.²⁶ ve vepřovém mase a Molette a spol.²⁷ v husích játrech.

Přesnost technologie NIRS pro stanovení mastných kyselin v průmyslových odvětvích a laboratořích je ve srovnání se základními složkami menší, ale z důvodu rychlosti a nižších nákladů (v porovnání např. s plynovou chromatografií) ji lze použít pro orientační stanovení.

Hydroxyprolin je důležitou strukturální složkou proteinu kolagenu a želatiny (obsah je asi 12 %). Ve většině bílkovin je jeho obsah nízký. Obsah hydroxyprolinu v masných výrobcích proto koreluje s obsahem použitých méně kvalitních surovin, např. kůže²⁸. Berg a Kolar stanovovali kolagenní proteiny v hovězím a vepřovém mase. Jako referenční metoda byla použita kolorimetrická analýza hydroxyprolinu. Publikované výsledky pro stanovení obsahu kolagenu v mase metodou NIRS byly špatné, což mohlo být způsobeno slabou citlivostí techniky NIRS k minoritním složkám a spolehlivostí referenční metody¹¹. Isaksson a Hildrum publikovali uspokojivé výsledky pro obsah kolagenu v mase. Nicméně predikce kolagenu v nových, neznámých vzorcích prokázaly neuspokojivé výsledky pro nedostatečnou robustnost kalibrace. Vysvětlení je pravděpodobně takové, že spektrum NIR kolagenu není rozdílné od myofibrilárních proteinů ve svalech, které jsou přítomny ve svalech v 10× vyšší koncentraci. Obsah kolagenu v mase obvykle nepřekročí 20 až 30 g kg⁻¹. Tzn., že spolehlivý interval predikční chyby bude v podstatě kryt tímto celým rozsahem⁹. Young a spol. se zabývali stanovením kolagenu a kolagenové rozpustnosti v ovčím mase, nedosáhli však také uspokojivých výsledků²⁹.

Výsledky různých studií poukazují na rychlé možnosti orientační kontroly NIRS pro odhalování falešných praktik v procesu výroby masných výrobků a rovněž nižší náklady (v porovnání např. s kapalinovou chromatografií).

3. Schopnost techniky NIR predikovat kvalitu masa

3.1. Technologické charakteristiky

Změny v spektrech NIR po tepelné úpravě masa souvisejí s denaturovanými proteiny masa a se změnami stavu vody obklopující proteiny. Tato skutečnost svědčí o tom, že spektroskopie NIR může být použita ke zjišťování, zda je maso vhodně tepelně ošetřeno. To může být použito především ve zkoušení proteinově bohatých produktů, kde můžeme očekávat otravy z potravin. Studium techniky NIR pro stanovení maximální teploty záhřevu u hovězího masa se věnoval Ellekjaer a Isaksson³⁰. Použili techniku reflektance a transmitance k predikci tepelného ošetření s chybou měření 2,0 °C v intervalu teplot 50–85 °C. Podobné studie byly publikovány Chenem a Marksem^{31,32}. Použití dvoudimensionální UV/NIR techniky pro studii tepelného ošetření kuřecího masa se zabýval Liu a spol.³³. Další výzkumy se zabývají schopností spektroskopie NIR stanovit např. vaznost^{18,34,35}, barvu^{35–37}, nebo hodnotu pH (cit.^{35,38}) masa.

Uveřejněné výsledky poukazují na omezené možnosti spektroskopie NIR pro hodnocení technologických charakteristik masa v porovnání s běžnými technikami. Zlepšením všech faktorů, které mohou ovlivnit spektrální data a přesnost referenčních metod, však mohou zlepšit výkon modelů NIR.

3.2. Senzorické charakteristiky

V hovězím mase je křehkost obvykle považována za jednu z nejdůležitějších vlastností pro konzumenty. Problém křehkosti masa dal podnět k vývoji nových účinných metod, které by byly spolehlivé, rychlé, ale také nedestruktivní. Běžné metody, senzorické stanovení, mechanické stanovení Warnerovy-Bratzlerovy (WB) střížné síly jsou metody destruktivní, pomalé a nevedou k usnadnění tohoto stanovení³⁹. Blízká infračervená spektroskopie má schopnost odhalit změny ve stavu vody a vodíkových vazeb vzájemně ovlivňované v potravinách. Takové změny se evidentně objevují během zrání hovězího masa a spektroskopie NIR může být právě ta metoda pro toto stanovení. Bengera a Norris⁴⁰ byli první, kteří vyzkoušeli možnost spektroskopie NIR predikovat křehkost hovězího masa, ale nezískali dobrou kalibraci užitím jednotlivých vlnových délek. Mitsumoto a spol.⁴¹ použili NIRSystem 6500 v rozsahu 680–2500 nm a získali vysoké korelační koeficienty (R) pro WB střížnou sílu (R = 0,8–0,83) v šesti různých svalech z jedenácti jatečně upravených těl. Nicméně v této práci nebyla provedena žádná validační stanovení. Hildrum a spol.^{6,42} studovali predikci stanovení křehkosti hovězího masa použitím InfraAlyzer 500. Bylo použito 120 vzorků ze 40 jatečně upravených těl a byly analyzovány jak čerstvé vzorky, tak vzorky rozmražené. Referenční metodou byla metoda senzorická a měření WB střížné síly. Korelační koeficient pro senzorickou tvrdost

a křehkost byl 0,70–0,74. Mnoho spekter však muselo být odstraněno, což indikovalo na různý světelný rozptyl ve vzorcích. Byrne a spol.⁴³ používali NIRSystem 6500 s optickou sondou mezi 750–1098 nm na stanovení dvou skupin vzorků masa z jalovic. Korelační koeficient pro senzoričku křehkost pro první skupinu vzorků byl 0,82 a pro druhou skupinu vzorků 0,73. Když byly tyto skupiny sloučeny dosáhlo se $R = 0,61$. Výsledky z techniky NIR byly velmi podobné výsledkům z referenční analýzy, tedy WB střížné síly. Venel a spol.⁴⁴ studovali predikci senzoričkových vlastností a WB střížnou sílu u hovězího masa (75 zvířat) starých 14 dní, použili krátké vlnové délky 750–1100 nm. Celkové výsledky však nebyly uspokojivé. Výsledky byly zlepšeny, když vzorky byly rozlišeny podle stáří, pohlaví zvířete, pH a dne vykostění. Tornberg a spol.⁴⁵ používali NIRSystem 6500 pro stanovení různých fyzikálně chemických parametrů, včetně WB střížné síly. Vysvětlují fakt, že spektroskopie NIR má jen malou spojitost k fyzikálně chemickým parametrům. Park a spol.⁴⁶ stanovovali křehkost hovězího masa u 600 jatečně opracovaných těl použitím NIRSystem 6500 s vlnovou délkou 1100–2498 nm a dosáhli průměrných výsledků. Rødbotten a spol.³⁹ studovali podobné téma s InfraAnalyzerem 500, který měřil spektra od 2 h do 14 dní starého hovězího masa. Zjistil, že spektrální změny NIR během *rigor mortis* nebyly stejné k stáří ani křehkosti. Korelační koeficienty mezi spektra NIR a WB střížnou silou byly nízké (0,47 až 0,55), a to značí, že měření spekter po porážce není vhodné, protože neumožňuje predikovat konečnou křehkost. Některé studie se také zabývají stanovením jiných senzoričkových vlastností, jako je např. šťavnatost⁴⁷, žvýkatelnost³⁹, chuť, textura a přijatelnost⁴³.

Souhrnně, smyslové charakteristiky jsou komplexem znaků ovlivněné subjektivitou hodnotitelů, dokonce i když jsou dobře trénováni. Proto, nízká předpověditelnost techniky NIR pro senzoričké atributy je pravděpodobně díky subjektivitě a nepřesnostem hodnotitelů, tedy vysoce proměnlivým výsledkům.

3.3. Kategorizace do tříd kvality

Některé práce se také zabývají možností spektroskopie NIR klasifikovat maso a masné produkty na základě kvality, tj. rozlišením mezi různými vlastnostmi.

Downey a Beauchene⁴⁸ studovali rozlišovací schopnost spektroskopie NIR mezi čerstvým a rozmraženým masem u hovězího masa. 32 vzorků masa bylo analyzováno po 7 dnech uchování v chladu (4 °C) a po třikrát po sobě zmraženém a rozmraženém mase. Každý cyklus byl 5denní a teplota zmrazení byla –18 °C. Spektra byla měřena optickou sondou v rozsahu 650–1100 nm a kalibrace byly vytvářeny diskriminační analýzou. Modely tedy byly založeny na 4 různých skupinách masa – čerstvé, jedenkrát, dvakrát a třikrát zmražené s porovnání se 2 skupinami masa (čerstvé a mražené). Nejlepší výsledky byly dosaženy metodou mnohonásobné korekce rozptylu (MSC). Autoři dosáhli výborných výsledků, žádné zmražené maso

nebylo identifikováno jako čerstvé, pouze 3 vzorky čerstvého masa byly rozpoznány jako vzorky jedenkrát zmražené (tab. I).

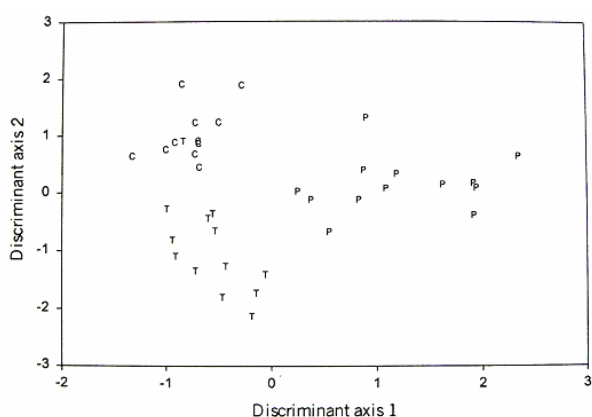
Podobným výzkumem se zabývali také Thyholt a Isaksson⁴⁹, kteří používali diskriminační analýzu k rozlišení tří skupin vzorků: čerstvého, mraženého a znovu zmraženého masa. Windham a spol.⁵⁰ sledovali 600 vzorků kuřecího masa zmražených v různých teplotách (–18, –12, –3, 0 a 4 °C) a v různých časových obdobích. Prsní filety zbavené kůže byly měřeny v režimu reflektance při 400–2500 nm přístrojem NIRSystem 6500. Výsledky však přinesly mnoho nejasností mezi mraženým a nemraženým masem, protože chemometrický nástroj je nedokázal optimálně oddělit. French a spol.⁵¹ studovali rozdílnost masa pocházející od skotu z pastvy a skotu krmného kukuřičnou siláží. Vzorky byly měřeny na přístroji NIRSystem 6500, celkem bylo použito 60 vzorků masa. Podobnou práci se také zabýval Cozzolino a spol.⁵².

Detegovat různé přísady v mase můžeme vizuálně, ale pouze v případě celého masa nebo kousků masa. V případě mletého masa toto nelze použít. Tento typ přípravy masa je používán k produkci tzv. „hotových“ mas a rozpoznání je velmi obtížné a často vede k falšování mas jinými přísadami nebo záměnou jednoho masa druhým nebo jeho části. Spray a spol.⁵³ hodnotili vzorky jehněčího, vepřového, kuřecího a krůtího masa skenováním v oblasti 1100–2500 nm přístrojem Perstorp Analytical, Silver Spring, MD v reflektančním módu před a po záhřevu. Analýza hlavních komponentů rozdělila vzorky masa, ale kvůli nízkému počtu vzorků z každé skupiny ($n = 3$) je metoda autorů velmi limitována. Rannou a Downey⁵⁴ stanovovali rozdílnosti mezi homogenizovanými kuřecími prsy ($n = 24$), krůtími prsy ($n = 25$) a vepřovým masem. Vzorky byly změřeny NIRSystem 6500 ve vlnových délkách 400–2500 nm v polyethylenových sáčcích ve skleněné kyvetě. Nejlepší výsledky získali v oblasti 400–1100 nm. Všechny vzorky byly kalibrací správně klasifikovány a pro validaci autoři získali poměr úspěšnosti 91,9 % (34 vzorků z 37) (obr. 1).

Podobnou práci se zabývali autoři McElhinney a spol.⁵⁵, kteří diskriminační analýzou posuzovali 5 různých vzorků masa – hovězí, jehněčí, kuřecí, krůtí a vepřo-

Tabulka I
Diskriminační analýza u vzorků čerstvého a mraženého masa s použitím MSC⁴⁸

	Čerstvé	1 krát zmražené	2 krát zmražené	3 krát zmražené
Čerstvé	13	3	0	0
1 krát zmražené	0	11	4	1
2 krát zmražené	0	3	6	7
3 krát zmražené	0	1	4	11



Obr. 1. Diskriminační analýza pro homogenizovaná kuřecí (C), krůtí (T) a vepřová (P) masa⁵⁴

vé. Stejní autoři⁵⁶ v roce 1999 stanovovali rozdíly mezi homogenizovaným hovězím, jehněčím a přidávkem 5, 10 a 20 % jehněčího masa do masa hovězího. Použili metodu PLS a měření probíhalo v UV, NIR a MIR spektrální oblasti. Vytvořili kalibrace pro jednotlivé druhy masa a také jednu kalibraci pro všechny druhy masa. Získali SEP = 0,91 % (0–20 % rozsah v obsahu jehněčím) a 4,1 % (0–100 %) rozsah v jehněčím.

Mnoho studií v poslední dekádě poukazují na to, že spektroskopie NIR je silný pracovní nástroj pro kategorizaci masa a masných produktů na základě kvality. Procenta správně zhodnocených vzorků jsou ve většině případů mezi 80 a 100. Technika NIR byla schopna klasifikovat úspěšně hovězí a drůbeží maso podle křehkosti^{46,47,57}, vepřové maso podle vaznosti^{34,58} a šunku podle textury a barvy⁵⁹.

4. Výhody a nevýhody spektroskopie NIR

Tradiční metody pro stanovení kvality masa a jeho hlavních složek jsou relativně pomalé a dosti drahé. Mezi přednostmi spektroskopie NIR řadíme rychlost, simultánnost, nedestruktivní měření vzorků, velký potenciál pro on-line analýzu, snadnost obsluhy, možnost měřit přes transparentní obaly a to vše bez použití chemikálií. V případě stanovování obsahových složek ve vzorcích je však nutné provést přesnou kalibraci spektrometru NIR pomocí vhodného souboru kalibračních standardů o známém složení, pomocí vhodných analytických metod známých jako referenční metody. Po té je však již vlastní stanovení jednoduché a navíc jedno spektrum NIR vzorku lze použít ke kvalitativnímu i kvantitativnímu stanovení řady parametrů.

Hlavní nevýhoda metody NIR je její závislost na referenčních metodách, vyšší pořizovací ceny přístrojů, slabá citlivost k minoritním složkám, u některých typů spektrometrů omezený převod kalibrací mezi různými přístroji a složitý výklad spektrálních dat^{2,60}.

5. Závěr

Nedávné vývoje přístrojů NIR zvýšily vhodnost spektroskopie NIR pro měření kvality masa ve výrobě. První aplikace spektroskopie NIR v průmyslových podmínkách byla provedena pro odhad tuku, vlhkosti a bílkovin v malých pomletých vzorcích hovězího masa použitím difuzního spektroskopického nástroje NIR upevněného na masový mlýnek⁶¹. Potom další autoři^{17,62} přiblížili toto pojetí k měření chemického složení hovězího a vepřového masa v průmyslu v částečně zmraženém syrovém masu. Později byla tato aplikace široce užívána v průmyslu. Anderson a Walker⁶³ měřili úspěšně obsah tuku v mletém hovězím masu, které se pohybovalo na dopravním pásu. Z toho vyplynulo, že i přes nerovný povrch pohybujícího masa, technika spektroskopie NIR může měřit obsah tuku on-line v průmyslových podmínkách, což je někdy problém během monitorování mletého hovězího masa na dopravním pásu. Downey a Hildrum⁴ uvádějí, že hlavní příčinou chyb při online měření NIR je skutečnost, že záření pronikne jen pár milimetrů do masa, a proto jen část z celého masa může být sledována. Když je provedeno více měření, pak predikce NIR pro celé šarže masa je více reprezentativní.

Nástroje NIR s diodovým polem byly užívány pro online monitorování přibližného složení hrubě mletého hovězího masa na dopravním pásu⁶⁴ a jsou schopny skenovat všechny vlnové délky v několika milisekundách, a to dovoluje měření i přes velké plochy povrchu masa v průmyslových podmínkách. Řada autorů^{18,37,44,65,66} využívala sondu s vláknovou optikou pro jatečně opracovaná těla k měření chemických, technologických a senzoričkových znaků. Navzdory k tvrdým podmínkám prostředí na jatkách s měnicími se teplotami a vlhkostí, sondy s vláknovou optikou významně zlepšily schopnost techniky NIR monitorovat a kontrolovat tyto procesy. Z toho plyne, že technika NIR může vhodně předpovídat současně početné kritéria kvality masa na lince v průmyslových podmínkách.

Spektroskopie NIR má značný potenciál předpovídat současně několik chemických vlastností masa a kategorizovat maso do tříd dle kvality. Proto NIR je vhodná alternativa k analytickému měření, které může být časově náročné, nákladné a někdy i riskantní pro zdraví nebo životní prostředí. Na druhou stranu spektroskopie NIR má jen omezené možnosti pro odhad technologických a smyslových atributů masa, hlavně kvůli heterogenitě masa (zvláště ty v nedotčené formě) a nízké přesnosti referenčních metod (např. WB střížné síle). Navíc, smyslové atributy získané hodnotitelským panelem jsou ovlivňovány subjektivitou hodnotitelů a jen extrémní vzorky (senzoričké skóre odchylovající se podstatně od průměru) mohou být jasně rozlišeny účastníky senzoričkého hodnocení. Proto jsou vyžadovány stále lepší kalibrace NIR pro tyto technologické a smyslové charakteristiky. V současné době analytici hledají vlnové délky, ve kterých měření NIR jsou těsně spojeny s charakteristikami pro kvalitu masa. Vyhledáním těchto vlnových délek je možné získat více silných kalibrací a vyvinout jednoduché a úspěšné

nástroje, které by používaly jen tyto vlnové délky. Mimo to použití sondy s vláknovou optikou může zlepšit schopnost metody NIR monitorovat a kontrolovat maso během zpracování použitím vzdálených on/in line detekcí.

Seznam zkratk

MIR spektroskopie ve střední infračervené oblasti
 MSC metoda mnohonásobné korekce rozptylu
 NIR spektroskopie v blízké infračervené oblasti
 PLS metoda částečných nejmenších čtverců
 SEP směrodatná odchylka predikce

LITERATURA

- Van Kempen L.: *World's Poultry Sci. J.* 57, 29 (2001).
- Centner V.: *CHEMagazín* 9, 22 (1999).
- Rodriguez-Otero J. L., Hermida M., Centero J.: *J. Agric. Food Chem.* 45, 2815 (1997).
- Roberts C. A., Workman J., Reeves J. B.: *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA, Madison 2004.
- Williams P. C., Norris K.: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*. American Association of Cereal Chemists, Minnesota 1990.
- Hildrum K. I., Ellekjaer M. R., Isaksson T.: *Meat Focus Int.* 4, 156 (1995).
- Martens H., Bakker A., Hildrum K. I.: *27th Eur. Meet. Meat Res. Workers.* 2, 561 (1981).
- Lanza E.: *J. Food Sci.* 2, 471 (1983).
- Isaksson T., Hildrum K. I.: *Proc. 3rd Int. Conf. On Near Infrared Spectrosc.*, Brussels. 2, 202 (1990).
- Isaksson T., Miller C. E., Naes T.: *Appl. Spectrosc.* 46, 1685 (1992).
- Berg H., Kolar K.: *Fleischwirtschaft* 71, 756 (1991).
- Cozzolino D., Murray I., Paterson R.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 4, 213 (1996).
- Eichinger H., Beck G.: *Archiv für Tierzucht* 35, 41 (1992).
- Cozzolino D., De Mattos D., Martins V.: *Anim. Sci.* 74, 477 (2002).
- Tøgersen G., Arnesen J. F., Nilsen B. N., Hildrum K. I.: *Meat Sci.* 63, 515 (2003).
- Alomar D., Gallo C., Castaneda M., Fuchslocher R.: *Meat Sci.* 63, 441 (2003).
- Tøgersen G., Isaksson T., Nilsen B. N., Bakker E. A., Hildrum K. I.: *Meat Sci.* 51, 97 (1999).
- Brøndum J., Munck L., Henckel P., Karlsson A., Tornberg E., Engelsen S. B.: *Meat Sci.* 55, 177 (2000).
- Valdes E. V., Summers J. D.: *Poultry Sci.* 65, 485 (1986).
- Renden J. A., Oates S. S., Reed R. B.: *Poultry Sci.* 65, 1539 (1986).
- Abeni F., Bergoglio G.: *Meat Sci.* 57, 133 (2001).
- Masoero G., Xiccato G., Zotte dalle A., Parigi Bini R., Bergoglio G.: *Zootec. Nutriz. Anim.* 20, 319 (1994).
- Cozzolino D., Murray I., Scaife J. R., Paterson R.: *Anim. Sci.* 70, 417 (2000).
- Windham W. R., Morrison W. H.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 229 (1998).
- Ripoche A., Guillard A. S.: *Meat Sci.* 58, 299 (2001).
- Gonzales-Martin I., Gonzales-Peres C., Hernandez-Mendes J., Alvarez-Garcia N., Merino Lazaro S.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 10, 257 (2002).
- Molette C., Berzaghi P., Zotte A. D., Remignon H., Babile R.: *Poultry Sci.* 80, 1625 (2001).
- Velišek J.: *Chemie potravin*. I. OSSIS, Tábor 2002.
- Young O. A., Berker G. J., Frost D. A.: *J. Muscle Foods* 7, 377 (1996).
- Ellekjaer M. R., Isaksson T.: *J. Sci. Food Agric.* 59, 335 (1992).
- Chen H., Marks B. P.: *J. Food Sci.* 62, 753 (1997).
- Chen H., Marks B. P.: *J. Food Sci.* 63, 279 (1998).
- Liu Y., Chen Y. R., Ozaki Y.: *J. Agric. Food Chem.* 48, 901 (2000).
- Geesink G. H., Schreutelkamp F. H., Frankhuizen R., Vedder H. W., Faber N. M., Kranen R. W., Gerritzen M. A.: *Meat Sci.* 65, 661 (2003).
- Meulemans A., Dotreppe O., Leroy B., Istasse L., Clinquart A.: *Sci. Aliments* 23, 159 (2003).
- Chan D. E., Walker P. N., Mills E. W.: *Trans. ASA-BE* 45, 1519 (2002).
- Leroy B., Lambotte S., Dotreppe O., Lecocq H., Istasse L., Clinquart A.: *Meat Sci.* 66, 45 (2003).
- Josell A., Martinsson L., Borggaard C., Andersen J. R., Tornberg E.: *Meat Sci.* 55, 273 (2000).
- Rødbotten R., Nilsen B. N., Hildrum K. I.: *Food Chem.* 69, 427 (2000).
- Bengera I., Norris K. H.: *J. Food Sci.* 33, 64 (1968).
- Mitsumoto M., Maeda S., Mitsuhashi T., Ozawa S.: *J. Food Sci.* 56, 1493 (1991).
- Hildrum K. I., Nilsen B. N., Mielnik M., Naes T.: *Meat Sci.* 38, 67 (1994).
- Byrne C. E., Downey G., Troy D. J., Buckley D. J.: *Meat Sci.* 49, 399 (1998).
- Venel C., Mullen A. M., Downey G., Troy D. J.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 9, 185 (2001).
- Tornberg E., Wahlgren M., Brøndum J., Engelsen S. B.: *Food Chem.* 69, 407 (2000).
- Park B., Chen Y. R., Hruschka W. R., Shackelford S. D., Koohmaraie M.: *J. Anim. Sci.* 76, 2115 (1998).
- Liu Y. L., Lyon B. G., Windham W. R., Realini C. E., Pringle T. D. D., Duckett S.: *Meat Sci.* 65, 45 (2003).
- Downey G., Beauchene D.: *Meat Sci.* 45, 353 (1997).
- Thyholt K., Isaksson T.: *J. Sci. Food Agric.* 73, 525 (1997).
- Windham W. R., Barton F. E., Lyon B. G., Lyon C. E.: *Proceedings of the 7th International Conference on Near Infrared Spectroscopy held in Montreal, Canada on 6-11 August 1995*, (Davies A.M.C., Williams P., ed.), str. 596–600.
- French P., O'Riordan E. G., Monahan F. J., Caffrey P. J., Money M. T., Troy D. J., Moloney A. P.: *Meat Sci.* 57, 379 (2001).

52. Cozzolino D., Murray I.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 10, 37 (2002).
53. Spray M. J., Scotter C. N. G., Hall M. N.: *Tech. Mem. Campden Food and Drink Research Association*, UK, 1990, str. 585.
54. Rannou H., Downey G.: *Anal. Commun.* 34, 401 (1997).
55. McElhinney J., Downey G., O'Donnell, C.: *J. Food Sci.* 64, 587 (1999).
56. McElhinney J., Downey G., Fearn T.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 7, 145 (1999).
57. Meullenet J. F., Jonville E., Grezes D., Owens C. M.: *J. Texture Stud.* 35, 6 (2004).
58. Savenije B., Geesink G. H., Van der Palen J. G. P., Hemke G.: *Meat Sci.* 73, 1 (2006).
59. Garcia-Rey R. M., Garcia-Olmo J., De Pedro E., Quiles-Zafra R., De Castro M. D. L.: *Meat Sci.* 70, 2 (2005).
60. Büning-Pfaue H.: *Food Chem.* 82, 107 (2003).
61. Isaksson T., Nilsen B. N., Togersen G., Hammond R. P., Hildrum K. I.: *Meat Sci.* 43, 3 (1996).
62. Togersen G., Arnesen J. F., Nielsen B. N., Hildrum K. I.: *Meat Sci.* 63, 4 (2003).
63. Anderson N. M., Walker P. N.: *ASAE* 46, 1 (2003).
64. Hildrum K. I., Nilsen B. N., Westad F., Wahlgren N. M.: *J. Near Infrared Spectrosc.* 12, 6 (2004).
65. Forrest J. C., Morgan M. T., Borggaard C., Rasmussen A. J., Jespersen B. L., Andersen J. R.: *Meat Sci.* 55, 1 (2000).
66. Hoving-Bolink A. H., Vedder H. W., Merks J. W. M., De Klein W. J. H., Reimert H. G. M., Frankhuizen R.: *Meat Sci.* 69, 3 (2005).

J. Mlček^a, O. Rop^a, K. Šustová^b, J. Simeonovová^b, and R. Gál^a (^a *Department of Food Technology and Microbiology, Tomas Bata University, Zlin*, ^b *Department of Food Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno*): **Potentials of NIR Spectroscopy in Meat Industry**

Near infrared spectroscopy (NIRS) uses the near infrared region of electromagnetic radiation (wavelength ca. 800–2500 nm). The present review describes various applications of the NIRS technique in the meat industry for quantitative characteristics of meat, but also in assessment of meat quality and technological and sensory parameters. The NIRS technique is superior to classical methods in the speed of analyses and possibility of simultaneous non-destructive measurements. This brings about a great potential for on-line analysis without using chemicals.