

A KÖZELI INFRAVÖRÖS (NIR) SPEKTROSZKÓPIA LEHETŐSÉGEI AZ ÁLLATITERMÉK-ELŐÁLLÍTÁS FOLYAMATÁBAN

(SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS)

BÁZÁR GYÖRGY – ROMVÁRI RÓBERT

ÖSSZEFOGLALÁS

Szerzők röviden ismertetik a NIR spektroszkópia elvi alapjait, a spektrumfelvétel és értékelés lehetőségeit. Történeti összefoglalót adnak a napjainkban robbanásszerűen terjedő módszer kialakulásáról. Ezt követően bemutatják a legfontosabb felhasználási lehetőségeket, követve az állattermék előállítás folyamatát, a talajtól és a takarmánytól kezdve egészen a feldolgozott húskészítményekig, bizonyítva ezzel a módszer széleskörű alkalmazhatóságát. A külföldi eredmények mellett kiemelten foglalkoznak a nemzetközi szinten is jelentős hazai vizsgálatok bemutatásával.

SUMMARY

Bázár Gy. – Romvári R.: POSSIBILITIES OF NEAR INFRARED (NIR) SPECTROSCOPY IN LIVESTOCK PRODUCTION (REVIEW)

The authors briefly describe the basic methodology of the NIR spectroscopy, spectra acquisition and data evaluation techniques. The developmental history of the system which is currently spreading throughout a wide range of agricultural science is reviewed. Next, the most important applications are shown, following the stages of animal production, from field and feed to processed meat products, to confirm the large adaptability and relevance of the method. In addition to results from all over the world, internationally important Hungarian successes are highlighted.

A legkülönbözőbb mezőgazdasági termékek minőségének gyors és hatékony vizsgálata napjaink egyik jelentős kihívása. A termelés, feldolgozás és értékesítés folyamata során a termékpálya szereplői számára egyértelmű gazdasági érdek a termék jellemzőinek mindenkor ismerete, mely nélkül a fogyasztó hiteles tájékoztatása sem képzelhető el. A vásárlók akkor hajlamosak magasabb árat fizetni egy általuk kedvelt termékért, ha bizonyosak annak eredetében, minőségi jellemzőiben. A hagyományos termékminősítő eljárások pontosak, ugyanakkor egy részük jellemzően munka-, idő- és költségigényes (pl. nagyműszeres laboratóriumi analitikai módszerek), másrészük kimutathatóan szubjektív hibával terhelt (organo-leptikus vizsgálatok) (*Font i Furnols és mtsai*, 2003). Mindezek alapján kifejezett igény mutatkozik olyan gyorsvizsgálati módszerek iránt, melyek az állatitermék-előállítás egyes fázisaiban hatékonyan alkalmazhatók a minőség leírására.

A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia első alkalmazásai a mezőgazdasághoz kötődtek, majd a módszer felhasználási területe gyorsan tágult az orvostudománytól (*Wyatt és mtsai*, 1990) a gyógyszeriparon át (*Blanco és mtsai*, 1998) a nehéz- (*Singer*, 1981) és könnyűiparig (*Blanco és mtsai*, 1994). A US National Institute of Standards and Technology (NIST) részéről az 1950-es évek elején merült fel az igény objektív gyorsvizsgálati módszer kidolgozására lisztnek víztartalmának meghatározása céljából. A feladatot a NIR technika alapítójának tekintett *Karl Norris* által vezetett USDA munkacsoport oldotta meg. A kutatók az első gabona vizsgálatok során észrevették, hogy a mérést zavarja a minta fehérjetartalma. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy a közeli infravörös fény felhasználásával ez az összetevő is mérhető lehet. A következőkben szóját vizsgáltak, immár két komponensre, megállapítva a nyerszsírtartalom zavaró hatását. Végeredményben tehát lépésről lépésre kialakult egy olyan mérési technika, amely a három legfontosabb összetevő mennyiségének becslését tette lehetővé (*Norris*, 2005). Ezzel párhuzamosan minőségi kategóriák szerinti osztályozáshoz dolgoztak ki eljárást és fejlesztettek berendezést (*Norris*, 1958). Az első, gabona magvak víztartalmának meghatározásával foglalkozó publikáció 1963-ban jelent meg egy konferencia kiadványban, majd azt 33 évvel később újból közzétették (*Norris és Hart*, 1996). A korai vizsgálatok a búzamagok beltartalmi értékeire, illetve a szemkeménység meghatározására, a technológia alkalmasság megítélésére terjedtek ki (*Williams*, 1979).

Összefoglalónkban először röviden ismertetjük a közeli infravörös spektroszkópia alapjait és a rendelkezésre álló kemometriai eljárásokat. Ezt követően bemutatjuk a legfontosabb eredményeket és felhasználási lehetőségeket, követve az állatitermék előállítás folyamatát a talajtól és a takarmánytól kezdve egészen a feldolgozott húskészítményekig, alátámasztandó a módszer széleskörű alkalmazhatóságát.

A NIR spektroszkópia a fény (közeli infravörös fotonok) és a minta kölcsönhatásán alapul. A fénykvantum hatására a molekulák rezgési és forgási állapotai gerjesztődnek, eközben a fotonok részben elnyelődnek (abszorpció), részben a minta részecskéin szóródva áthaladnak rajta (diffúz transzmisszió), részben visszaverődnek annak felületéről (felületi reflexió), részben pedig a minta belső rétegeibe jutva onnan verődnek vissza (diffúz reflexió). A NIR mérés szempontjából a mintába behatoló, majd átjutó vagy visszaverődő sugárzás hordoz információt. A mezőgazdasági termékeket alkotó legfontosabb komponensek mindegyikének vannak abszorpciós sávjai a közeli infravörös tartományban (800–2500 nm), így

ez a hullámhossz intervallum különösen alkalmas a termékek összetételének jellemzésére. A NIR spektrum a szerves molekulák C–H, O–H, N–H és S–H kötésein különböző hullámhosszoknál való fény abszorpciójának eredményeképp jön létre, azonban számos egyéb tényező (pl. szemcseméret, hőmérséklet, tömörítettség) is befolyásolhatja azt (Weyer és Lo, 2002). A technika előnye, hogy az optikai tulajdonságok az anyag állományától lényegében függetlenül, gyorsan és roncsolásmentesen mérhetők. Egy műszerrel sok egymástól független jellemző mérhető egyszerre, legyen szó kémiai összetevőről, vagy éppen fizikai tulajdonságról (Kaffka, 1981). Pontos optikai jelet két tartományban kaphatunk, úgymint transzmissziós méréseknél a 800–1100 nm-es, reflexiós módban pedig a 1100–2500 nm-es intervallumban. Amíg a transzmissziós méréseket jellemzően folyadékok esetében alkalmazzák (pl. tej, olajok, vér), addig a reflexiós mérések szilárd halmazállapotú, nem áttetsző minták vonatkozásában lehetnek célravezetőek (pl. húsok, sajtok). Nagy viszkozitású, de áttetsző anyagok (pl. mézek, szósok) esetében érdemes a transzreflexiós mérési elrendezést választani, amikor a mintán áthaladó fény egy tükröző hátlapról visszaverődik, s a mintán másodszor is áthaladva a reflexiós detektoroknál ad jelet. A spektrum-felvételezési lehetőségek szélesíthetők detektorral szerelt száloptika alkalmazásával. A fejlesztés korai szakaszában a spektrométerek jellemzően néhány diszkrét hullámhossznál rögzítették a fényelnyelési értékeket, míg a mai berendezésekről általánosan elmondható, hogy „scanning” rendszerűek, azaz képesek a teljes NIR spektrum rögzítésére.

A hagyományos kémiai vizsgáitokkal szemben ezen gyorsvizsgálati módszer nem igényel reagenseket és oldószereket, csökkentve ezzel az analízis költségét, és mivel veszélyes hulladék nem keletkezik, ezért nincs környezeti terhelés sem (Uddin és Okazaki, 2004).

A NIR módszer mind kvalitatív (pl. típusok, minőségi csoportok elkülönítése), mind pedig kvantitatív (pl. kémiai összetétel, fizikai paraméterek becslése) meghatározásra alkalmas. Utóbbi esetben a spektrumok mellett szükségünk van referencia adatokra is (pl. kémiai laboratóriumi mérések eredménye), majd a spektrum és referencia adatbázis közötti összefüggések feltárását – kalibrációt – követően nyílik mód a paraméterek becslésére független mintákban. Ebben a vonatkozásban a módszer tehát alapvetően korrelatív technika, azaz becslési pontossága az alkalmazott referencia módszertől függ. A legtöbb mezőgazdasági termék NIR spektruma komplex, a termékben található komponensek abszorpciós sávjainak átlapolódása, illetve az abszorpciós csúcsok elmosódása következtében. A különböző komponensek mennyiségének meghatározása érdekében bonyolult matematikai statisztikai módszereket kell igénybe venni, beleértve az eredeti spektrumok transzformációját is (Kaffka és mtsai, 1986). A felhasználók többféle szoftver közül választhatnak, melyek különféle kemometriai módszereket tartalmaznak a spektrumok és a vizsgált anyag egyes tulajdonságai közötti összefüggések feltárására (Dardenne és mtsai, 2000; Dalmadi és mtsai, 2007). Újabban megfigyelhető, hogy a kutatók figyelme a fejleszthető, szabad forráskódú szoftverek, például az „R Project” alkalmazása felé fordul (Kövér és Bázár, 2007). Függetlenül az alkalmazott értékelési módszertantól, minden esetben szükség van a rendszer ellenőrzésére. Ez történhet független adatbázis alkalmazásával (független validáció), vagy a kalibráló állomány bizonyos elemeinek felhasználásával (keresztvalidáció). Az alkalmazható módszerekről bővebb tájékoztatást adnak Naes és mtsai (2002), valamint Mark és Workman (2003).

Kiemelendő, hogy a rendelkezésre álló matematikai-statisztikai módszerekkel és szoftveres háttérrel igen pontos kalibrációk kivitelezése lehetséges. Nem ritkák az olyan NIR spektrumokra alapozott modellek, melyekkel a függő változók variációjára igen nagy arányban, szinte teljes egészében leírhatók. Hangsúlyozni kell ugyanakkor, hogy a kapott, korrelatív eredmények sosem tekinthetők 100%-osan megbízhatóknak, ezért az eljárás nem lehet bizonyító erejű. Kiválóan alkalmas azonban folyamatok követésére és gyors döntések kialakítására, főként olyan esetekben, amikor a NIR alapján 0,99-es R^2 értékkel és minimális hibával becsülhető tulajdonság laboratóriumi referencia mérése napokig is eltarthat. Coates (2002) tanulmányában a NIR vizsgálatok és kalibrációk pontosságát veti össze a laboratóriumi referencia mérések pontosságával.

Újabbban folyamatosan nő a mind tökéletesebb minőségi osztályozó módszerek beállítása iránti igény. Ez részben azzal magyarázható, hogy a termék vásárlója kevésbé érdeklődik annak pontos beltartalmi értékei iránt, viszont kíváncsi arra, hogy az adott termék illeszkedik-e egy általa megfogalmazott elvárásrendszerhez, termékcsoporthoz (pl. ökotermékek). Ennek megfelelően, kvalitatív analízisek esetében a minta csoportok elkülöníthetőségét vizsgáljuk a spektrum adatok alapján.

A továbbiakban felhasználási területenként röviden összefoglaljuk a hazai és nemzetközi irodalomban közzét jelentősebb eredményeket, nyomon követve az állatitermék-előállítást, a szántóföldtől az asztalig.

Számos publikáció foglalkozik a NIR módszer lehetőségeivel talajvizsgálatok során. Salgó és mtsai (1998) a talaj humusz tartalmának, mechanikai összetételének és higroszkóposságának becslésére vonatkozó eredményeket közölték, utóbbi két paraméter esetében hangsúlyozva, hogy azok erős korrelációt mutatnak a talaj víztartalmával, ami a mérés eredményét jelentősen befolyásolhatta. Reeves és McCarty (2001) különbözőképpen kezelt (NH_4NO_3) talaj parcellákon eltérő mélységekből vett minták vizsgálatára használták az eljárást száloptika alkalmazásával. A legjobb eredményeket a szerves szén és az össz-nitrogén tartalom becslése során kapták. McClure és mtsai (2002) az idő- és költségigényes talajanalitikai (nedves-kémiai) módszerek helyettesíthetőségét tanulmányozták a mezőgazdasági termelés során az eltúlzott mértékű talajerőpótlás kimutatására. Ennek érdekében üvegházi vizsgálatokban nagy pontossággal határozták meg zöld, illetve szárított füvek nitrogén tartalmát. A precíziós mezőgazdaság igényeinek szempontjából vizsgálták Morimoto és mtsai (2003) a komposztálandó zöld füvek szén/nitrogén arányát a felvett NIR spektrumok alapján. A közeljövőben egyre fontosabbá váló víztakarékos növénytermesztés szempontjából lényegesek Shenk (2008) mérései, aki módszert dolgozott ki a talaj aktuális nedvességtartalmának mérésére, szabályozhatóvá téve ezzel adott terület megfelelő vízellátását, egyúttal kerülve a felesleges mennyiségű víz kijuttatását.

A talaj termőképességének javítása szempontjából figyelemre méltóak Cabassi és mtsai (2008) kísérletei, akik laboratóriumi körülmények között eredményesen vizsgálták a szarvasmarha hígtrágya lebomlási folyamatát eltérő agyagtartalmú talajokban. Reeves és Van Kessel (2000a,b) tejelő tehenészetekből származó trágyaminták szén-, nitrogén- és víztartalmát vizsgálták hagyományos analitikai eljárásokkal és NIR spektroszkópiával. Az elért 0,95 feletti R^2 értékek alapján a módszert alkalmasnak ítélik a nedvesség-, az ammónia nitrogén-, az össz-nitrogén- és széntartalom meghatározására. Seays és mtsai (2005) sertés hígtrágya-mintákat

vizsgáltak reflexiós és transzfeixiós módban, melyek közül az utóbbi bizonyult sikeresnek az össz-nitrogén, a kálium, a szárazanyag és a szervesanyag tartalom becslésekor. A foszfor és magnézium tartalom vonatkozásában közepes, a kalcium esetében igen gyenge eredmények adódtak. A szerzők megítélése szerint a technika alkalmassá tehető trágyák on-line vizsgálatára, ugyanakkor a gyakorlatban a változó szemcseméret és inhomogenitás miatt a reflexiós mérések alkalmazása volna indokolt.

A termesztett takarmánynövények NIR vizsgálatai évtizedekkel ezelőtt kezdődtek. A történeti áttekintésben már érintett *Norris* féle vizsgálatokat követően többen alkalmazták a módszert teljes és őrölt búzaszemek fehérje- és víztartalmának becslésére (*Williams*, 1975; *Corbellini és Canevara*, 1994). Az utóbbi évek igen intenzív technológiai fejlesztésének eredményeképpen léteznek már kombinált integrált berendezések is, melyekkel a kukorica szárazanyag-tartalma gyakorlatilag a betakarítás pillanatában meghatározható (*Welle és mtsai*, 2005). *Cassells és mtsai* (2007) a betakarítást követő tárolás alatt vizsgálták gabonátételek minőségének változását eltérő hőmérsékleten és páratartalommal. A NIR technika *in vivo* alkalmazási lehetőségét használták ki *Sissons és mtsai* (2006) a durum búza fajta nemesítésekor.

A hazai kutatóhelyek már az 1980-as években bekapcsolódtak az iparinövények és takarmányok NIR alapú vizsgálatába. *Kaffka és mtsai* (1982) napraforgó magok közeli infravörös spektrumait értékelték amerikai-magyar közös kutatásokban. Extrém széles skálán mozgó, kiegyenlített mintakészleten kapott eredményeik igen meggyőzőek voltak az őrlmények olaj-, fehérje-, rost- és víztartalma vonatkozásában. Ezt követően *Kaffka* (1988a) csillagfűrt minták aminosav-összetételét becsülte, kalibrációként hagyományos kémiai analízist használva, a lizin, izoleucin és treonin esetében 0,85, a metioninra 0,76-os korrelációs értéket elérve. *Turza és mtsai* (1998) eltérő évjáratból származó szójafajtákat vizsgáltak NIR technikával, ipari szempontok alapján. Eredményeik szerint bizonyos szójafajták a többi fajtához képest kevésbé különültek el az évjáratok szerint. Ez az olaj-fehérje arányában mutakozó stabilitás a feldolgozás folyamat-szabályozási szempontjából kifejezett előnyt biztosít. A magyar kutatók a kezdeti gabonaipari fejlesztésekben is vezető szerepet játszottak. *Horváth és mtsai* (1984) búzakuppa rosttartalmának NIR technikára alapozott vizsgálatát végezték el. Napjainkban a kemometriai módszerek fejlődése lehetővé teszi a nemesítőknek és az ipari felhasználóknak egyaránt hasznos fajta-, évjárat- és termőhely-azonosítást (*Tomcsányi és Kaffka*, 2008). *Gergely és Salgó* (2003, 2005, 2007) kísérletsorozatukban eredményesen alkalmazták a módszert fejlődésben levő búza fiziológiai folyamatainak nyomkövetésében.

Módszertani vizsgálatokat végeztek *Reeves és Blosser* (1991) nyers és szárított szilázsok összetételének a becslésére (szárazanyag, nyerszsír, nyersfehérje). Ezen korai vizsgálatok eredményeihez hasonlóan *Sorensen* (2004) kísérletében is a szárított mintákra alapozva kaptak megbízhatóbb eredményeket. Fűszénáz és kukoricaszilázs esetében ecetsav-, vajsav-, ammónia nitrogén- és etanol-tartalomra elvégzett kalibrációjuk során az első három komponensre a nedves minta adott jobb eredményt, valószínűsíthetően az érintett összetevők hőérzékenysége miatt. *Liu és Han* (2006) szárított kukorica szilázs mintákra állítottak fel becslő egyenleteket, melyeket független validáció során sikeresen teszteltek. Különböző

európai helyszínekről származó nyúl keverék-takarmányok kémiai összetételét, energiatartalmát és a különböző takarmány összetevők arányát becsülték *Xiccato és mtsai* (2003).

A NIR on-line alkalmazási lehetőségének jó példáját mutatták be *Fernandez-Ahumada és mtsai* (2008) takarmánykeverő üzemből. Rendszerükkel az egymást követő munkafolyamatok során nyomon követhetőnek bizonyult a keveréktakarmány nyersfehérje- és nyerszsírtartalma, valamint a napraforgó és szója aránya. Kész takarmányok aminosav összetételét vizsgálták *Fontaine és mtsai* (2004), akik egy központi kalibrációt követően 44, hálózatba szervezett spektrométer eredményeit dolgozták fel. Megállapításaik szerint az eltérő helyeken kapott eredmények közötti hiba szórása alacsonyabb a NIR vizsgálatokban, mint a párhuzamos laboratóriumi mérésekben. Igen fontos kérdés a takarmányokba kevert, fehérjét és energiát szolgáltató melléktermékek minősége és eredete. *Kaffka és Martin* (1985) hús-, vér- és csontliszt fehérje-, zsír- és nedvességtartalmát becsülte.

A BSE probléma megjelenését követően fontossá váltak a halliszt hús- és csontliszttel történő hamisításának kimutathatóságát célzó módszertani vizsgálatok. *Murray és mtsai* (2001) tiszta, illetve 3, 6 és 9%-ban szennyezett halliszt mintákra alapozott vizsgálati eredményei szerint a NIR módszertan alkalmas rutin-vizsgálatok végzésére már az élelmiszerlánc kezdeti szakaszában. A legújabb eredmények alapján az állati zsír mennyisége már 0,5%-os bekeverési arányban is igen megbízhatóan kimutatható ($R^2 = 0,99$) (*Garrido-Varo és mtsai*, 2008).

A takarmányok toxintartalmának NIR alapú vizsgálatával kapcsolatban igen kevés irodalmi adat található. Növényi minták, így őrölt paprika (*Kiskó*, 1998; *Hernandez-Hierro és mtsai*, 2008), vagy kukorica (*Berardo és mtsai*, 2005) esetében számoltak be kedvező eredményekről. Ezeket azonban célszerű fenntartással kezelni, miután igen kis koncentrációban jelen levő anyagokról van szó (*Norris*, 2008). További gondot jelent az, hogy sok esetben nincs biztosíték arra, hogy a vizsgálat során nem csupán a gomba fizikai jelenlétét sikerül kimutatni. Ilyen esetben a kimutathatóság erősen megkérdőjelezhető, miután a gomba pusztulása/előlése után a toxin továbbra is jelen van a mintában (*Kaffka*, 2008a). Hasznos megközelítés a *Saranwong és Kawano* (2005) által alkalmazott DESIR-NIR technika, melynek során a felületről lemosott majd kiszáritott toxint mérik. A toxin-meghatározás kérdéskörére a legújabban fejlődésnek induló „hyperspectral imaging” technika jelenthet megoldást. Ezen újszerű közelítés gyakorlati jelentősége abban rejlik, hogy nem a szokásos módon, a minta teljes felületéről készül spektrum, hanem annak tetszőleges méretű elemei részeit külön-külön, egymást követően több, diszkrét hullámhosszon vizsgáljuk (*Geladi*, 2008). Ez utóbbi, nagyszámú spektrális adatot eredményező eljárás lehetőséget biztosít a mintában összességében kis koncentrációban jelenlevő, azonban annak bizonyos részein feldúsuló anyagok vizsgálatára (*Geladi és mtsai*, 2008).

Termelésélettani szempontból érdekesek *Reeves és mtsai* (1991) vizsgálatai, akik fisztulázott tejelő tehenek bendőtartalmát vizsgálták. Lucerna széna eltérő idejű bendőinkubációját követően a nedves és szárított minták NIR spektrumai alapján a nyersfehérje és sav detergens rost tartalomra végeztek sikeres kalibrációkat. *Berzaghi és mtsai* (1997) szárazon álló és tejelő teheneken becsülték a bendőkanulón, poliészter zacskóban bejuttatott, eltérő ideig emésztett nedves takarmányminták (lucerna széna és pellet) kémiai összetételét (nyers fehérje,

neutrális detergens rost, sav detergens rost, lignin) a NIR spektrumok alapján. A módszer továbbfejlesztett változatával *Turza és mtsai* (2002) tejelő tehének belső tartalmát vizsgálták, speciális beültetett transzmissziós vizsgálófejjel ellátott optikai egységgel felszerelt érzékelővel. Mérési rendszerük lehetőséget teremt az ecetsav, propionsav és az ammónia nitrogén nagy pontosságú ($R^2 > 0,9$) on-line vizsgálatára. Az élettani státusz jellemzése érdekében *Turza és mtsai* (2006) székum összfehérje-, összkoleszterin- és glükóztartalmat becsülték tehének vérében. Jlszerű, előkészítést nem igénylő vizsgálati eljárást dolgoztak ki, ahol a spektroszkópiás mérések mintatartójául közvetlenül a vércsöveket használták.

Az állattermékek közeli infravörös spektroszkópiára alapozott vizsgálata a tojással kezdődött. A USDA laboratóriumának munkatársai, *Karl Norris* vezetésével, vérfolt mentes tojások kiválogatására fejlesztettek ki egy olyan berendezést, amely csak a 900 nm-ig terjedő hullámhossz-tartományban dolgozott, de közvetlen elizményét képezte a NIR technika fejlesztésének (*Brandt és mtsai*, 1953). *Kaffka és Kulcsár* (1982) elsőként alkalmazták a módszert tojástartalmának becslésére. Közleményükben felhívták a figyelmet a szemcseméret és a nedvességtartalom három karakterisztikus hullámhosszra alapozott mérésük során tapasztalt zavaró hatásaira. *Wehling és mtsai* (1988) porlasztva szárított teljes tojások nedvesség-, zsír- és fehérjetartalmát határozták meg 0,2% standard hibával. Eltérő módon takarmányozott tojótyúkok liofilizált tojásait vizsgálták *Dalle Zotte és mtsai* (2006), akik szerint az eljárás jól alkalmazható különböző n-3 PUFA tartalmú takarmánnyal etetett csoportok kategorizálására, az n-3 zsírsavakban gazdag tojások elkülönítésére. Élelmiszer tartósítási célú vizsgálatokban *Seregély és mtsai* (2006) ultramagas hidrosztatikus nyomással és gamma sugárzással pasztorizált tojásfehérje tulajdonságait vizsgálták NIR spektrumokra és kemoszennzorral (elektronikus orr) felvett jelekre alapozva.

A NIR technikát laboratóriumi körülmények között először az 1960-as évek végén tesztelték eredményesen a húsminőség vizsgálatában (*Ben-Gera és Norris*, 1968). A magyarországi kutatások ezen a területen is élen jártak. Marhahús kémiai összetételének (víz-, fehérje- és zsírtartalom) becslésére kidolgozott metodikát közöl *Nádai* (1983), leírva a mérés során jelentkező különböző torzító hatásokat. *Nádai és Mihályi-Kengyel* (1984) sertés- és marhahúson vizsgálták a különböző spektrumkezelési eljárások hatását a becslési pontosságra. Napjainkra a legtöbb gazdasági jelentőséggel bíró állatfaj esetében közöltek NIR alapú mérési eredményeket. Ezeket áttekintve látható, hogy a módszer alkalmazásának lehetőségei már a vágóhídon adóttak. Jó példát adnak erre *Josell és mtsai* (2000) eredményei, akik a vágást követően fél órával a halotán pozitív (RN) sertéseket nagy biztonsággal tudták kiemelni a vágóvonalon. A vágóhidak és a húsfeldolgozók szempontjából kiemelten fontos technológiai tulajdonságra, a víztartó képességre vonatkozó kalibrációt írtak le *Savenije és mtsai* (2006) sertésben. Az irodalomban fellelhető, igen nagy számú hússal kapcsolatos vizsgálat részben kvantitatív, részben kvalitatív megközelítéssel készültek. A kémiai összetételre (szárazanyag-, fehérje-, zsírtartalom) vonatkozó eredményeket írtak le marha- (*Kruggel és mtsai*, 1981; *Alomar és mtsai*, 2003), baromfi- (*Cozzolino és mtsai*, 1996), sertés- (*Barlocco és mtsai*, 2006), juhhús (*Cozzolino és mtsai*, 2000) vonatkozásában. Közös a hivatkozott szerzők eredményeiben, hogy homogenizált állapotban jobb eredményeket értek el, mint intakt mérések során, továbbá a nyers húsok fehérje-

és zsírtartalmának becslésére 0,8 feletti R^2 értékeket kaptak. Halfilé minőségi paramétereinek NIR technikára alapozott becslésére vonatkozó eredményeket közölték *Bechmann és Jorgensen* (1998), valamint *Solber és Fredriksen* (2001).

A húsok minőségi analizisekor a különböző fajok és fajták, tartási és takarmányozási rendszerek csoportosíthatóságát vizsgálják azok NIR spektruma alapján. Amíg intakt húsok esetében azok fajok szerinti azonosítása viszonylag egyszerű, addig darált, vagy homogenizált minták esetén a feladat már lényegesen bonyolultabb. *McElhinney és mtsai* (1999) homogenizált csirke-, pulyka-, marha- és juh-húskat osztályoztak sikerrel diszkriminancia analízis segítségével. *Alomar és mtsai* (2003), illetve *Savenije és mtsai* (2006) eltérő izomcsoportokat és minőségi kategóriákat válogattak szét NIR spektrumaik alapján, szarvasmarha illetve sertés eredetű darált minták esetében. *Berzaghi és mtsai* (2005) homogenizált fagyasztva szárított baromfihús vontkozásában vizsgálták az eltérő összetételű takarmányok állattermékre gyakorolt hatásának NIR alapú kimutathatóságát. *Pla és mtsai* (2007) az alternatív és hagyományos nevelési mód során előállított nyúlhús minták elkülönítését végezték el, nyers darált állapotban.

Termékminőségi és eredetvizsgálati szempontból érdekesek *Thyholt és mtsai* (1997) eredményei, akik olcsóbb, gyengébb minőségű húsok nagy értékű termékekbe történt bekeverésének kimutathatóságát vizsgálták. A csepegési veszteségből származó húslé NIR spektruma alapján csoportokat, illetve keverési arányokat tudtak elkülöníteni marha, juh, sertés és baromfi húsok esetében. Többen vizsgálták hőközlésen, illetve hőelvonáson alapuló eljárások következményeit NIR technikával. A marhahús hőkezelésének hatásait elemezte *Ellekjaer és Isaksson* (1992) transzmissziós és reflexiós módban, 50 és 85 °C közötti tartományban. Eredményeik standard hibája 2,0 °C-nak adódott a maximális főzési hőmérséklet becslésénél. A fagyasztás után felolvasztott, illetve a friss marhahús elkülönítésének lehetőségét mutatta be kísérletében *Downey és Beauchene* (1997). Hasonló jellegű vizsgálatban a többszöri fagyasztás hatását tanulmányozták *Thyholt és Isaksson* (1997). Marha hosszúhátizom mintákkal végzett kísérletükben, a friss, az egyszer, illetve a többször fagyasztott húsminták elkülönítése több mint 80%-ban bizonyult sikeresnek. Élelmiszerbiztonsági szempontból érdekesek *Horváth és mtsai* (2008) eredményei, akik sertéshús bakteriális állapotát vizsgálva CFU-ra történő kalibráció során kaptak igen magas (0,97) korrelációs értéket.

Rodbotten és mtsai (2000) az aprítottság mértékének spektrumra gyakorolt hatását írták le. Eredményeik szerint az azonos összetételű, de különböző átmérőjű szemcsék jól elkülöníthetők, tekintettel arra, hogy a változó szemcseméret eredményeként a spektrumok részben eltérő információt hordoznak. *Cozzolino és mtsai* (2000) mind darálthúson, mind intakt izom mintákon sikeresen tesztelték a NIR technika alkalmazhatóságát a kémiai összetevők becslésére, juh vonatkozásában. *Candek-Potokar és mtsai* (2006) hasonló eredményeket értek el sertéshúsok esetében. Felhívták a figyelmet ugyanakkor a mintaelőkészítés hibáinak torzító hatására, valamint a referencia adatokat szolgáltató eljárások pontatlanságából adódó kalibrációs hibákra. *Downey és Hildrum* (2004) a minta homogenizálásának jelentőségével foglalkozott, tekintettel arra, hogy az alkalmazott reflexiós spektrumfelvételi mód a minta felületi rétegéről ad információt.

A húsfeldolgozó üzemek szempontjainak figyelembe vételével fejlesztették a NIR módszert *Isaksson és mtsai* (1996) valamint *Togersen és mtsai* (1999).

Közleményükben a darált sertés- és marhahúsok kémiai összetételének meghatározására szolgáló, a feldolgozás folyamatába illeszthető berendezés működését írták le. Már korábban hasonló megoldást ismertettek *Ellekjaer és mtsai* (1993) töltelékáruk sótartalmának becslésére. Üzemi viszonyokat szimulálva az ipari igényeket messzemenően kielégítő 0,1%-os becslési hibát értek el, reflexiós mérés esetében. Hasonlóan jó eredményekről számolt be *Downey és Hildrum* (2004) sonka vonatkozásában.

Az utóbbi években több közlemény foglalkozik az érzékszervi vizsgálatok és a NIR spektrumok közötti lehetséges kapcsolattal (*Andres és mtsai*, 2007). A fogyasztói megítélés szempontjából kiemelt fontosságú porhanyósság becslhetősége elmarad a kémiai összetevőkéétől. *Rodbotten és mtsai* (2001) $R^2 = 0,71-0,85$ -os értékeket kaptak érlelt marhahúsokon mért Warner-Bratzler (WB) nyíróerő vonatkozásában. Sertéshúst vizsgálva ennél is gyengébb összefüggést állapítottak meg *Barlocco és mtsai* (2006) friss intakt mintákra vonatkozóan. *Rust és mtsai* (2008) ugyanakkor nagy mintaszámon alapuló vizsgálataik eredménye alapján üzemi használatban is alkalmasnak tartják a NIR felvételezést érlelt marha féltetek osztályozására.

A NIR technika perspektivikus lehetőségei közé tartozik a zsírsavösszetétel hatékony becslése. *Windham és Morrison* (1998) marhahús, *Pla és mtsai* (2007) nyúlhús, *Molette és mtsai* (2001) továbbá *Locsmándi és mtsai* (2006) libamáj vonatkozásában számolnak be a módszer alkalmazhatóságáról. A hivatkozott szerzők eredményeiben közös, hogy a zsírsav-profil becslésekor a 10% feletti összetevők igen nagy biztonsággal állapíthatók meg. A sertés zsírszövet zsírsavösszetételének takarmányozási hatásokra bekövetkező változásit követte nyomon *Müller és Scheeder* (2008). Vizsgálataik során $R^2 = 0,9$ feletti megbízhatósággal becsülték a telített, az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak arányát, továbbá az eltérő hőmérsékleten mért szilárd-zsír arányát. Utóbbi mutató feldolgozóipari jelentőségének megfelelően már vágóhidakon is üzemelnek a zsírok keménységi indexének meghatározására fejlesztett NIR készülékek.

A tejtermelés és feldolgozás során számos lehetőséget írtak le a NIR technika alkalmazására. Korai munkájukban *Ben-Gera és Norris* (1978) a folyékony tej zsírtartalmát vizsgálták. Ezt követően különböző zsírtartalmú tejporok víz-, fehérje, és laktóztartalmát becsülték (*Bear és mtsai*, 1983). *Downey* (1989) különböző szintű hőkezelésnek alávetett sovány és teljes tejporokat vizsgált. Hazai kutatók sovány tejporból, savóból, tejfehérje koncentrátumból és laktózból összeállított keverékeken vizsgálták a zsír-, fehérje-, laktóz-, víz- és hamutartalom NIR technikára alapozott egyidejű meghatározhatóságát (*Barabássy és Kaffka*, 1993). A spektrumok alapján számított korrelációs együttható mind az öt komponensre 0,97 feletti értéket mutatott. Nem homogénezett tehéntejre vonatkozó eredményeket közölték *Tsenkova és mtsai* (1999), akik nagy mintaszámon vizsgálták a hullámhossz-tartomány hatásait a zsír-, összfehérje- és laktóztartalom meghatározás pontosságára. Olyan konkrét hullámhossz értékeket definiáltak, amelyek lehetővé teszik olcsó szenzorokból álló, on-line módon működő készülékek fejlesztését a tej folyamatos monitoring vizsgálata érdekében. *Purnomoadi és mtsai* (1999) közleményükben felhívják a figyelmet arra, hogy amíg a fehérjetartalom becslése függ, addig a zsírtartalom becslése független az etetett takarmány minőségétől, amire a kalibráció során tekintettel kell lenni. *Maraboli és mtsai* (2002) rendkívül jó eredményeket

írnak le a NIR módszer használhatóságára tejporok hamisításának detektálásában. Rendszerük igen sikeresnek bizonyult növényi alapanyaggal szennyezett tejporok kiszűrése. *Mouazen és mtsai* (2007) juhtej vonatkozásában vizsgálták a NIR technika alkalmazhatóságát a genotípus és takarmányozás szerinti elkülönítésre. Hasonlóan a korábban hivatkozott húsvizsgálatokhoz, a tej mikrobiológiai státuszának vizsgálatára is kipróbálták az eljárást. *Tsenkova és mtsai* (2001, 2006) a tehéntej mikrobiális állapotára és szomatikus sejtszám meghatározására vonatkozó eredményeket közölték. A módszert alkalmasnak találták az egészségi állapot monitoring vizsgálatára, betegségek diagnosztizálására. *Saranwong és Kawano* (2008) szintén a tehéntej összcsíraszámára készítették NIR kalibrációt. Laboratóriumi és mobil NIR berendezéssel végzett méréseik során a legjobb becslésük megbízhatósága $R^2 = 0,83$ volt. Az adatok értékelése alapján feltételezik, hogy a csíraszámra történő NIR kalibráció során a baktériumok tej összetételére gyakorolt szerepe a döntő.

A különböző geográfiai és botanikai eredetű mézek vizsgálata igen érdekes területe a NIR technika alkalmazásának. Akácmézek összetételének vizsgálatakor a nedveségtartalom mellett, a glükóz mennyisége és az fruktóz-glükóz aránya is jól becsülhetőnek bizonyult (*Ha és mtsai*, 1998). Egy másik koreai munkacsoport (*Cho és Hong*, 1998) megállapításai szerint a mézminősítés szempontjából igen lényeges stabil szén-izotóp arány (CSIR) meghatározására is alkalmas a módszer. *Davis és mtsai* (2002) eltérő helyről származó akác, szelídgesztenye, repce és hanga mézeket vizsgáltak szálóptiás mérőfejjel. Eredményeik szerint a módszer alkalmas a botanikai eredet meghatározására, nem megfelelő azonban a geográfiai származás elkülönítésére. Szerzők hangsúlyozták ugyanakkor, hogy adott növényfajok egyedei között olyan nagy variancia tapasztalható a biokémiai jellemzőkben, ami meghaladhatja a különböző élőhelyek közötti eltéréseket. *Corbella és Cozzolino* (2005) hasonló vizsgálatokat végeztek eukaliptusz és vadvirágmézekben. A mézhamisítás felderítése szempontjából fontosak *Downey és mtsai* (2003), valamint *Kelly és mtsai* (2006) mérései. Ezek a szerzők fruktóz és glükóz keverékkel, cukorsziruppal és izocukorral történő hamisítás következményeit vizsgálták. Eredményeik szerint a NIR spektrumokra alapozott diszkriminancia analízis a hamisított mintákat megbízhatóan elkülöníti, amely jelzi a módszer kereskedelmi és hatósági alkalmazhatóságát.

A bemutatott vizsgálati eredmények alapján érthető a NIR módszer széleskörű elterjedése. Ennek háttérében mind kutatói együttműködéseit, mind pedig infrastruktúráját tekintve egy kiterjedt nemzetközi hálózat áll. A téma művelőinek szűkebb köre számára szól, a páros években megtartott, a technika bölcsőjeként számon tartott USDA BARC (beltsville-i mezőgazdasági kutatóközpont) szervezésében megrendezett International Diffuse Reflectance Conference, ami egy tradicionális amerikai összejövetel. A páratlan évek rendezvénye az International Conference on Near Infrared Spectroscopy, mely számos szekciót felölelő, nagyobb nyilvánosság előtt zajló rendezvény. A hazai NIR szakma rendszeres tudományos rendezvényei az MTA Kémiai Tudományok Osztálya Élelmiszeranalitikai és -minőségi Munkabizottsága által rendezett NIR Klub ülések.

A hazai NIR tudomány úttörő volt Európában. *Prof. Kaffka Károly* révén a Központi Élelmiszertudományi Kutató Intézet NIR laboratóriuma az 1970-es évek óta részt vesz a nemzetközi kutató munkában, az USDA BARC *Karl Norris* vezette

munkacsoportjával szoros együttműködésben. Ebbe a munkába kapcsolódott be az 1980-as évektől *Farkas József* akadémikus vezetésével az akkori Kertészeti és Élelmiszeripar Egyetem (ma Budapesti Corvinus Egyetem), valamint *Prof. Salgó András* irányításával a Műegyetem munkacsoportja (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) (*Kaffka*, 1988b, 2008b).

Irodalom

- Alomar, D. – Gallo, C. – Castaneda, M. – Fuchslocher, R.* (2003): Chemical and discriminant analysis of bovine meat by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Meat Sci.*, 63.441–450.
- Andres, S. – Murray, I. – Navajas, E.A. – Fisher, A.V. – Lambe, N.R. – Bunger, L.* (2007): Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Sci.*, 76.509–516.
- Barabássy, S. – Kaffka, K.* (1993): Porított tejtermék keverékek roncsolásmentes vizsgálati lehetőségei NIR technikával. *Élelmiszerfizikai Közlemények*, 57.41–52.
- Barlocco, N. – Vadell, A. – Ballesteros, F. – Galletta, G. – Cozzolino, D.* (2006): Predicting intramuscular fat, moisture and Warner-Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Sci.*, 82.111–116.
- Bear, R.J. – Frank, J.F. – Loewenstein, M.* (1983): Compositional analysis of nonfat dry milk by using near infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 66.858–863.
- Bechmann, I. – Jorgensen, M.B.* (1998): Rapid assessment of quality parameters for frozen cod using near infrared spectroscopy. *LWT-Food Sci. Technol.*, 31.648–652.
- Ben-Gera, I. – Norris, K.H.* (1968): Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products. *J. Food Sci.*, 33.64–67.
- Ben-Gera, I. – Norris, K.H.* (1978): Influence of fat concentration on the absorption spectrum of milk in the near infrared region. *Israel Journal of Agricultural Research*, 18.117–124.
- Berardo, N. – Pisacane, V. – Battilani, P. – Scandolara, A. – Pietri, A. – Marocco, A.* (2005): Rapid detection of kernel rots and mycotoxins in maize by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agr. Food Chem.*, 53.8128–8134.
- Berzaghi, P. – Cozzi, G. – Andrighetto, I.* (1997): The use of near infrared analysis for *in situ* studies. *J. Dairy Sci.*, 80.3263–3270.
- Berzaghi, P. – Dalle Zotte, A. – Jansson, L.M. – Andrighetto, I.* (2005): Near-infrared reflectance spectroscopy as a method to predict chemical composition of breast meat and discriminate between different n-3 feeding sources. *Poultry Sci.*, 84.128–136.
- Blanco, M. – Coello, J. – Iturriaga, H. – MasPOCH, S. – Bertran, E.* (1994): Analysis of cotton-polyester yarns by near-infrared reflectance spectroscopy. *Analyst*, 119.1779–1785.
- Blanco, M. – Coello, J. – Iturriaga, H. – MasPOCH, S. – de la Pezuela, C.* (1998): Near-infrared spectroscopy in the pharmaceutical industry. *Analyst*, 123.135R–150R.
- Brandt, A.W. – Norris, K.H. – Chin, G.* (1953): A spectrophotometric method for detecting blood in white-shell eggs. *Poultry Sci.*, 32.357–363.
- Cabassi, G. – Gallina, P.M. – Barzaghi, S. – Cattaneo, T.M.P. – Bechini, L.* (2008): Near infrared monitoring of mineralisation of liquid dairy manure in agricultural soils. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 59–69.
- Candek-Potokar, M. – Prevornik, M. – Skrlje, M.* (2006): Ability of near infrared spectroscopy to predict pork technological traits. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 269–277.
- Cassells, J.A. – Reuss, R. – Osborne, B.G. – Wesley, I.J.* (2007): Near infrared spectroscopic studies of changes in stored grain. *J. Near Infrared Spec.*, 15. 161–167.
- Cho, H.J. – Hong, S.H.* (1998): Acacia honey quality measurement by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 6.329–331.
- Coates, D.B.* (2002): „Is near infrared spectroscopy only as good as the laboratory reference values?” An empirical approach. *Spectroscopy Europe*, 14. 24–26.
- Corbella, E. – Cozzolino, D.* (2005): The use of visible and near infrared spectroscopy to classify the floral origin of honey samples produced in Uruguay. *J. Near Infrared Spec.*, 13. 63–68.

- Corbellini, M. – Canevara, M.G. (1994): Estimate of moisture and protein content in whole grains of bread wheat (*T. aestivum* L.) by near infrared reflectance spectroscopy. *Ital. J. Food Sci.*, 1. 95–102.
- Cozzolino, D. – Murray, I. – Paterson, R. – Scaife, J.R. (1996): Visible and near infrared reflectance spectroscopy for the determination of moisture, fat and protein in chicken breast and thigh muscle. *J. Near Infrared Spec.*, 4. 213–223.
- Cozzolino, D. – Murray, I. – Scaife, J.R. – Paterson, R. (2000): Study of dissected lamb muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy for composition assessment. *Anim. Sci.*, 70. 417–423.
- Dalle Zotte, A. – Berzaghi, P. – Jansson, L.M. – Andrighetto, I. (2006): The use of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) in the prediction of chemical composition of freeze-dried egg yolk and discrimination between different n-3 PUFA feeding sources. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 128. 108–121.
- Dalmadi, I. – Seregély, Zs. – Farkas, J. – Kaffka, K.J. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 53. 222–238.
- Dardenne, P. – Sinnaeve, G. – Baeten, V. (2000): Multivariate calibration and chemometrics for near infrared spectroscopy: which method? *J. Near Infrared Spec.*, 8. 229–237.
- Davis, A.M.C. – Radovic, B. – Fearn, T. – Anklam, E. (2002): A preliminary study on the characterization of honey by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 10. 121–135.
- Downey, G. (1989): NIR reflectance – a new method in the dairy industry. *Farm and Food Research*, 20. 18–20.
- Downey, G. – Beauchene, D. (1997): Discrimination between fresh and frozen-then-thawed beef *m. longissimus dorsi* by combined visible-near infrared reflectance spectroscopy: a feasibility study. *Meat Sci.*, 45. 353–363.
- Downey, G. – Fourater, V. – Kelly, J.D. (2003): Detection of honey adulteration by addition of fructose and glucose using near infrared transreflectance spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 11. 447–456.
- Downey, G. – Hildrum, K.I. (2004): Analysis of meats. In: *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture*. Ed: Roberts, C.A. – Workman jr, J. – Reeves, J.B. III, American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 599–632.
- Ellekjaer, M.R. – Hildrum, K.I. – Naes, T. – Isaksson, T. (1993): Determination of the sodium chloride content of sausage by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 1. 65–75.
- Ellekjaer, M.R. – Isaksson, T. (1992): Assessment of maximum cooking temperatures in previously heat treated beef. Part 1: Near infrared spectroscopy. *J. Sci. Food Agr.*, 59. 335–343.
- Fernandez-Ahumada, E. – Guerrero-Ginel, J.E. – Perez-Marin, D. – Garrido-Varo, A. (2008): Near infrared spectroscopy for control of the compound-feed manufacturing process: mixing stage. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 285–290.
- Fontaine, J. – Horr, J. – Schirmer, B. (2004): Amino acid contents in raw materials can be precisely analysed in global network of near-infrared spectrometers: Collaborative trials prove the positive effects of instrument standardization and repeatability files. *J. Agr. Food Chem.*, 52. 701–708.
- Font i Furnols, M. – Gispert, M. – Diestre, A. – Oliver, M.A. (2003): Acceptability of boar meat by consumers depending on their age, gender, culinary habits, and sensitivity and appreciation of androstenone odour. *Meat Sci.*, 64. 433–440.
- Garrido-Varo, A. – Perez-Marin, D. – Bautista-Cruz, J. – Guerrero-Ginel, J.E. (2008): Near-infrared spectroscopy for quantification of animal-origin fats in fat blends. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 281–283.
- Geladi, P. (2008): Are pixels sample cells? Hyperspectral diffuse near infrared imaging experiments with pinholes. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 357–363.
- Geladi, P. – Manley, M. – Williams, P. (2008): Indirect detection of fumonisins in maize by NIR hyperspectral imaging. 14th International Diffuse Reflectance Conference, Chambersburg, Pennsylvania, USA (poster presentation)
- Gergely, Sz. – Salgó, A. (2003): Changes in moisture content during wheat maturation – what is measured by NIR spectroscopy? *J. Near Infrared Spec.*, 11. 17–26.
- Gergely, Sz. – Salgó, A. (2005): Changes in carbohydrate content during wheat maturation – what is measured by NIR spectroscopy? *J. Near Infrared Spec.*, 13. 9–18.
- Gergely, Sz. – Salgó, A. (2007): Changes in protein content during wheat maturation – what is measured by NIR spectroscopy? *J. Near Infrared Spec.*, 15. 49–58.
- Ha, J. – Koo, M. – Ok, H. (1998): Determination of the constituents of honey by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 6. 367–369.
- Hernandez-Hierro, J.M. – Garcia-Villanova, R.J. – Gonzalez-Martin, I. (2008): Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of mycotoxins applied to naturally contaminated red paprika found in the Spanish market. *Anal. Chim. Acta*, 622. 189–194.

- Horváth, L. – Norris, K.H. – Horváth-Mosonyi, M. – Rigó, J. – Hegedüs-Völgyesi, E. (1984): Study into determining dietary fiber of wheat bran by NIR-technique. *Acta Aliment. Hung.*, 13. 355–382.
- Horváth, K. – Seregély, Zs. – Andrassy, É. – Dalmadi, I. – Farkas, J. (2008): A preliminary study using near infrared spectroscopy to evaluate freshness and detect spoilage in sliced pork meat. *Acta Aliment. Hung.*, 37. 93–102.
- Isaksson, T. – Nilsen, B.N. – Tøgersen, G. – Hammond, R.P. – Hildrum, K.I. (1996): On-line, proximate analysis of ground beef directly at a meat grinder outlet. *Meat Sci.*, 43. 245–253.
- Josell, A. – Martinsson, L. – Borggaard, C. – Andersen, J.R. – Tørnberg, E. (2000): Determination of RN phenotype in pigs at slaughter-line using visual and near-infrared spectroscopy. *Meat Sci.*, 55. 273–278.
- Kaffka K.J. (1981): In: Az Agrártudományok Osztálya, a Kémiai Tudományok Osztálya, a Gazdaság- és Jogtudományok Osztálya, az MTA 1981. évi közgyűléséhez kapcsolódó április 29-i együttes nyilvános osztályülése. Kémiai Közlemények, 56. 270–278.
- Kaffka, K.J. (1988a): Determination of amino acids in lupine by near infrared reflectance spectroscopy. *Acta Aliment. Hung.*, 17. 3–11.
- Kaffka, K.J. (1988b): A közeli infravörös spektroszkópia segítségével a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban elért eredmények az összetétel gyors és roncsolásmentes meghatározása területén. *Élelmiszerfizikai Közlemények*, 34. 53–63.
- Kaffka, K.J. (2008a): személyes beszélgetés
- Kaffka, K.J. (2008b): How the NIR technology came to and spread in Europe for quality assessment and control in the food industry. *Acta Aliment. Hung.*, 37. 141–145.
- Kaffka, K.J. – Horváth, L. – Gönczy, J.L. – Czabaffy, A. – Nádai, B.T. (1986): Qualifying foods by near infrared reflectance spectroscopy. *Periodica Polytechnica*, 30. 153–157.
- Kaffka, K.J. – Kulcsár F. (1982): Attempts to determine egg content in pastry products using the NIR technique. *Acta Aliment. Hung.*, 11. 47–64.
- Kaffka, K.J. – Martin, A.P. (1985): Attempts to determine protein, fat and moisture in „animal protein meal” by the NIR technique. *Acta Aliment. Hung.*, 14. 309–318.
- Kaffka, K.J. – Norris, K.H. – Ferédi, J. – Balogh, A. (1982): Attempts to determine oil, protein, water and fiber content in sunflower seeds by the NIR technique. *Acta Aliment. Hung.*, 11. 253–269.
- Kelly, J.D. – Petisco, C. – Downey, G. (2006): Potential of near infrared transfectance spectroscopy to detect adulteration of Irish honey by beet invert syrup and high fructose corn syrup. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 139–146.
- Kiskó, G. (1998): Attempts to determine mouldiness of paprika powder by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 6. A337–A342.
- Kövér, Gy. – Bázár, Gy. (2007): A PLS (Partial Least Squares) regresszió és alkalmazása. *Acta Oeconomica Kaposváriensis*, 1. 113–119.
- Kruggel, W.G. – Field, R.A. – Riley, M.L. – Radloff, H.D. – Horton, K.M. (1981): Near-infrared reflectance determination of fat, protein, and moisture in fresh meat. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 64. 692–696.
- Liu, X. – Han, L. (2006): Prediction of chemical parameters in maize silage by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 333–339.
- Locsmándi, L. – Kövér, G. – Bázár, G. – Szabó, A. – Romvári, R. (2006): Development of model using near-infrared reflectance spectroscopy for the determination of the chemical composition of fatty goose liver. *Acta Aliment. Hung.*, 35. 455–463.
- Maraboli, A. – Cattaneo, T.M.P. – Giangiacomo, R. (2002): Detection of vegetable proteins from soy, pea and wheat isolates in milk powder by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 10. 63–69.
- Mark, H. – Workman, J. (2003): *Statistics in spectroscopy – second edition*. Elsevier, San Diego, CA, USA, 328 pp.
- McClure, W.F. – Crowell, B. – Stanfield, D.L. – Mohapatra, S. – Morimoto, S. – Batten, G. (2002): Near infrared technology for precision environmental measurements: Part 1. Determination of nitrogen in green- and dry-grass tissue. *J. Near Infrared Spec.*, 10. 177–185.
- McElhinney, J. – Downey, G. – Fearn, T. (1999): Chemometric processing of visible and near infrared reflectance spectra for species identification in selected raw homogenised meats. *J. Near Infrared Spec.*, 7. 145–154.
- Molette, C. – Berzaghi, P. – Dalle Zotte, A. – Remignon, H. – Babile, R. (2001): The use of near-infrared reflectance spectroscopy in the prediction of the chemical composition of goose fatty liver. *Poultry Sci.*, 80. 1625–1629.

- Morimoto, S. – McClure, W.F. – Crowell, B. – Stanfield, D.L. (2003): Near infrared technology for precision environmental measurements: Part 2. Determination of carbon in green grass tissue. *J. Near Infrared Spec.*, 11. 257–267.
- Mouazen, A.M. – Dridi, S. – Rouissi, H. – De Baerdemaeker, J. – Ramon, H. (2007): Feasibility study on using visible-near infrared spectroscopy coupled with factorial discriminant analysis technique to identify sheep milk from different genotypes and feeding systems. *J. Near Infrared Spec.*, 15. 359–369.
- Murray, I. – Aucott, L.S. – Pike, I.H. (2001): Use of discriminant analysis on visible and near infrared reflectance spectra to detect adulteration of fishmeal with meat and bone meal. *J. Near Infrared Spec.*, 9. 297–311.
- Müller, M. – Scheeder, M.R.L. (2008): Determination of fatty acid composition and consistency of raw pig fat with near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 305–309.
- Nádai, B.T. (1983): Preliminary experiments for measuring meat composition by near infrared reflection technique. *Acta Aliment. Hung.*, 12. 119–130.
- Nádai, B.T. – Mihályi-Kengyel, V. (1984): Investigations of different equations predicting moisture, fat and protein content of raw meat by NIR-technique. *Acta Aliment. Hung.*, 13. 343–353.
- Naes, T. – Isaksson, T. – Fearn, T. – Davies, T. (2002): Multivariate calibration and classification. NIR Publications, Chichester, UK. 344 pp.
- Norris, K.H. (1958): Measuring the light transmission properties of agricultural commodities. *Agricultural Engineering*, 39.640–651.
- Norris, K.H. (2005): NIR is alive and growing. *NIR News*, 16.12.
- Norris, K.H. (2008): személyes beszélgetés
- Norris, K.H. – Hart, J.R. (1996): Direct spectrophotometric determination of moisture content of grain and seeds. *J. Near Infrared Spec.*, 4. 23–30.
- Pia, M. – Hernandez, P. – Arino, B. – Ramirez, J.A. – Diaz, I. (2007): Prediction of fatty acid content in rabbit meat and discrimination between conventional and organic production systems by NIRS methodology. *Food Chem.*, 100. 165–170.
- Purnomoadi, A. – Batajoo, K.K. – Ueda, K. – Terada, F. (1999): Influence of feed source on determination of fat and protein in milk by near-infrared spectroscopy. *Int. Dairy J.*, 9. 447–452.
- Reeves, J.B. III – Blosser, T.H. (1991): Near-infrared spectroscopic analysis of undried silages as influenced by sample grind, presentation method, and spectral region. *J. Dairy Sci.*, 74. 882–895.
- Reeves, J.B. III – Blosser, T.H. – Balde, A.T. – Glenn, B.P. – Vandersall, J. (1991): Near-infrared spectroscopic analysis of forage samples digested *in situ* (nylon bag). *J. Dairy Sci.*, 74. 2664–2673.
- Reeves, J.B. III – McCarty, G.W. (2001): Quantitative analysis of agricultural soils using near infrared reflectance spectroscopy and fiber-optic probe. *J. Near Infrared Spec.*, 9. 25–34.
- Reeves, J.B. III – Van Kessel, J.S. (2000a): Determination of ammonium-N, moisture, total C and total N in dairy manures using a near infrared fiber-optic spectrometer. *J. Near Infrared Spec.*, 8. 151–160.
- Reeves, J.B. III – Van Kessel, J.S. (2000b): Near-infrared spectroscopic determination of carbon, total nitrogen, and ammonium-N in dairy manures. *J. Dairy Sci.*, 83. 1829–1836.
- Rodbotten, R. – Mevik, B.H. – Hildrum, K.I. (2001): Prediction and classification of tenderness in beef from non-invasive diode array detected NIR spectra. *J. Near Infrared Spec.*, 9. 199–210.
- Rodbotten, R. – Nilsen, B.N. – Hildrum, K.I. (2000): Prediction of beef quality attributes from early post mortem near infrared reflectance spectra. *Food Chem.*, 69. 427–436.
- Rust, S.R. – Price, D.M. – Subbiah, J. – Kranzler, G. – Hilton, G.G. – Vanoverbeke, D.L. – Morgan, J.B. (2008): Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy. *J. Anim. Sci.*, 86. 211–219.
- Salgó, A. – Nagy, J. – Tarnóczy, J. – Marth, P. – Pálmai, O. – Szabó-Kele, G. (1998): Characterisation of soils by near infrared technique. *J. Near Infrared Spec.*, 6. 199–203.
- Saranwong, S. – Kawano, S. (2005): Rapid determination of fungicide contaminated on tomato surfaces using the DESIR-NIR: a system for ppm-order concentration. *J. Near Infrared Spec.*, 13. 169–175.
- Saranwong, S. – Kawano, S. (2008): System design for non-destructive near infrared analyses of chemical components and total aerobic bacteria count of raw milk. *J. Near Infrared Spec.*, 16. 389–398.
- Savenije, B. – Geesink, G.H. – van der Palen, J.G.P. – Hemke, G. (2006): Prediction of pork quality using visible/near-infrared reflectance spectroscopy. *Meat Sci.*, 73. 181–184.
- Seays, W. – Xing, J. – De Baerdemaeker, J. – Ramon, H. (2005): Comparison of transmittance and reflectance to analyse hog manures. *J. Near Infrared Spec.*, 13. 99–107.
- Seregély Zs. – Farkas J. – Tuboly E. – Dalmadi I. (2006): Investigating the properties of egg white pasteurised by ultra-high hydrostatic pressure and gamma irradiation by evaluating their NIR

- spectra and chemosensor array sensor signal responses using different methods of qualitative analysis. *Chemometr. Intell. Lab.*, 82. 115–121.
- Shenk, J. (2008): Instrument matching. 14th International Diffuse Reflectance Conference, Chambersburg, Pennsylvania, USA (oral presentation)
- Singer, R.B. (1981): Near-infrared spectral reflectance of mineral mixtures – Systematic combinations of pyroxenes, olivine, and iron oxides. *J. Geophys. Res.*, 86. 7967–7982.
- Sissons, M. – Osborne, B. – Sissons, S. (2006): Application of near infrared spectroscopy to a durum wheat breeding programme. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 17–25.
- Solber, C. – Fredriksen, G. (2001): Analysis of fat and dry matter in capelin by near infrared transmission spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, 9. 221–228.
- Sorensen, L.K. (2004): Prediction of fermentation parameters in grass and corn silage by near infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, 87. 3826–3835.
- Thyholt, K. – Indahl, U.G. – Hildrum, I.K. – Ellekjaer, M.R. – Isaksson, T. (1997): Meat speciation by near infrared reflectance spectroscopy on dry extract. *J. Near Infrared Spec.*, 5. 195–208.
- Thyholt, K. – Isaksson, T. (1997): Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-infrared spectroscopy. *J. Sci. Food Agr.*, 73. 525–532.
- Togersen, G. – Isaksson, T. – Nilsen, B.N. – Bakker, E.A. – Hildrum, K.I. (1999): On-line NIR analysis of fat, water and protein in industrial scale ground meat batches. *Meat Sci.*, 51. 97–102.
- Tomcsányi, A. – Kaffka, K. (2008): Árpa magok gyors minősítése NIR technikával. 331. KÉKI Tudományos Kollokvium. Budapest
- Tsenkova, R. – Atanassova, S. – Kawano, S. – Toyoda, K. (2001): Somatic cell count determination in cow's milk by near-infrared spectroscopy: a new diagnostic tool. *J. Anim. Sci.*, 79. 2550–2557.
- Tsenkova, R. – Atanassova, S. – Morita, H. – Ikuta, K. – Toyoda, K. – Iordanova, I.K. – Hakogi, E. (2006): Near infrared spectra of cows' milk for milk quality evaluation: disease diagnosis and pathogen identification. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 363–370.
- Tsenkova, R. – Atanassova, S. – Toyoda, K. – Ozaki, Y. – Itoh, K. – Fearn, T. (1999): Near-infrared spectroscopy for dairy management: measurement of unhomogenized milk composition. *J. Dairy Sci.*, 82. 2344–2351.
- Turza, S. – Chen, J.Y. – Terazawa, Y. – Takusari, N. – Amari, M. – Kawano, S. (2002): On-line monitoring of rumen fluid in milking cows by fiber optics in transmittance mode using the longer NIR region. *J. Near Infrared Spec.*, 10. 111–120.
- Turza S. – Kurihara, M. – Kawano, S. (2006): Near infrared analysis of whole blood and plasma in blood-collecting tubes. *J. Near Infrared Spec.*, 14. 147–153.
- Turza S. – Tóth Á.I. – Váradí M. (1998): Multivariate classification of different soyabean varieties. *J. Near Infrared Spec.*, 6. 183–187.
- Uddin, M. – Okazaki, E. (2004): Classification of fresh and frozen-thawed fish by near-infrared spectroscopy. *J. Food Sci.*, 69. 665–668.
- Wehling, R.L. – Pierce, M.M. – Froning, G.W. (1988): Determination of moisture, fat and protein in spray-dried whole egg by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Food Sci.*, 53. 1356–1359.
- Welle, R. – Greten, W. – Müller, T. – Weber, G. – Wehrmann, H. (2005): Application of near infrared spectroscopy on-combine in corn grain breeding. *J. Near Infrared Spec.*, 13. 69–76.
- Weyer, L.G. – Lo, S.C. (2002): Spectra-structure correlations in the near-infrared. In: *Handbook of Vibrational Spectroscopy*. Ed: Chalmers, J.M. – Griffiths, P.R., John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, Vol. 3, 1817–1837.
- Williams, P.C. (1975): Application of near infrared reflectance spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseeds. *Cereal Chem.*, 52. 561–576.
- Williams, P.C. (1979): Screening wheat for protein and hardness by near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Chem.*, 56. 169–172.
- Windham, W.R. – Morrison, W.H. (1998): Prediction of fatty acid content in beef neck lean by near infrared reflectance analysis. *J. Near Infrared Spec.*, 6. 229–234.
- Wyatt, J.S. – Cope, M. – Delpy, D.T. – Richardson, C.E. – Edwards, A.D. – Wray, S. – Reynolds, E.O. (1990): Quantitation of cerebral blood volume in human infants by near-infrared spectroscopy. *J. Appl. Physiol.*, 68. 1086–1091.
- Xiccato, G. – Trocino, A. – De Boever, J.L. – Maertens, L. – Carabano, R. – Pascual, J.J. – Perez, J.M. – Gidenne, T. – Falcao-E-Cunha, L. (2003): Prediction of chemical composition, nutritive value and ingredient composition of European compound feeds for rabbits by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Anim. Feed Sci. Tech.*, 104. 153–168.

Érkezett: 2008. október
Szerzők cím: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Author's address: Sertés- és Kisállattenyésztési Tanszék
Állattermék Minősítő Laboratórium
Kaposvár University, Faculty of Animal Science
Department of Swine and Small Animal Breeding
Laboratory of Animal Product Qualification
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
Tel: +36 82 511 938, Fax: +36 82 412 091
romvari.robert@ke.hu
Kapcsolattartó
contact person: