

# **DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KAPOSVÁRI EGYETEM**  
**ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**  
Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és  
Minősítés Tanszék

Doktori Iskola vezetője:  
**DR. HORN PÉTER**  
az MTA rendes tagja

Témavezető:  
**DR. ROMVÁRI RÓBERT**  
az MTA doktora

**KÖZELI INFRAVÖRÖS SPEKTROSKÓPIA  
ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI SERTÉSHÚS ÉS  
HÚSKÉSZÍTMÉNYEK, VALAMINT SERTÉSZSÍR  
MINŐSÍTÉSÉBEN**

Készítette:  
**BÁZÁR GYÖRGY**

KAPOSVÁR  
2011



## 1. A kutatás előzményei, célkitűzések

A legkülönbözőbb mezőgazdasági termékek, így az állattermékek, ezen belül is a különféle húsok és húskészítmények 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 mindenkori ismerete, mely a hatékony folyamatszabályzás alapja, s mely nélkül a fogyasztó hiteles tájékoztatása sem képzelhető el. A hagyományos termékminősítő eljárások pontosak ugyan, azonban egyik részük jellemzően munka-, idő- és költségigényes (pl. nagyműszeres laboratóriumi analitikai módszerek), másik részük kimutathatóan szubjektív hibával terhelt (organoleptikus vizsgálatok).

Mindezek alapján kifejezett igény mutatkozik olyan gyorsvizsgálati módszerek iránt, melyek az állattermék-előállítás egyes fázisaiban hatékonyan alkalmazhatók a minőség leírására. Erre a kihívásra lehet válasz a gyors rutinanalízis céljára mind a mezőgazdaságban, mind az élelmiszeriparban régóta eredményesen használt közeli infravörös (NIR) spektroszkópiai eljárás.

A hagyományos kémiai vizsgálatokkal szemben ezen gyors módszer nem igényel reagenseket és oldószereket, csökkentve ezzel az analízis költségét (anyag, munkaidő, munkaerő). Veszélyes hulladék hiányában ugyanakkor nincs jelentős környezeti terhelés sem. A NIR módszer alkalmas mind kvalitatív (pl. típusok, minőségi csoportok elkülönítése), mind kvantitatív (pl. kémiai összetétel, fizikai paraméterek becslése) közelítésre. Előbbi vonatkozásában a csoportok közötti különbségeket kívánjuk leírni a spektrum adatok alapján, míg utóbbi esetben a spektrumok mellett szükségünk van referencia adatokra is (pl. hagyományos laboratóriumi mérések eredménye), majd a spektrum és referencia adatbázis közötti összefüggések feltárását – kalibrációt – követően nyílik mód a paraméterek becslésére további, független mintákra vonatkozóan. Korrelatív technika lévén a módszer becslési pontossága jelentősen függ az alkalmazott kalibrációs eljárástól.

A közeli infravörös spektroszkópiás vizsgálatok 2005-ben indultak a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán, az NKFP 4/024/2004 pályázati forrásból beszerzett FOSS NIRSystems 6500 berendezéssel. Akkor negyed éves egyetemi hallgatóként lehetőséget kaptam a munkacsoportban való részvételre. A nagy hozzáadott értékű élelmiszerek, egészséges táplálkozást szolgáló, környezetkímélő állattenyésztési termékek előállításának fejlesztésére irányuló vizsgálatok során – a módszertani ismeretek megszerzését követően – először nyúlhús-, majd hízott libamájminták NIR analízisében vettem részt. A disszertáció tárgyát képező vizsgálatok elsősorban mangalica hús feldolgozására és mangalica termékek előállítására épültek.

A fent megfogalmazottakhoz kapcsolódóan munkám során az alábbi célokat kívántam elérni:

- A laboratóriumi NIR technika alkalmazhatóságának vizsgálata az intenzív nagyüzemi technológia szerint hizlalt modern húsertés genotípusok (lapály, nagy fehér, keresztezett) és az extenzíven tartott mangalica sertések húsának elkülönítése során.
- Különböző sertés genotípusok húsából összeállított keverékek NIR alapú csoportosítása, valamint ehhez kapcsolódva a változó kolbászösszetétel NIR spektrumokra gyakorolt hatásának vizsgálata a termék azonosíthatósága szempontjából.
- A széleskörű fejlesztési lehetőségekre rámutatva módszertani vizsgálat keretében sertéshúsok azonosítása R Project szabad forráskódú programmal.
- A laboratórium jövőbeni NIR alapú beltartalom-becsléseinek bázisát képező sertéshús adatbázis felépítése, majd PLS regresszió alapuló NIR kalibráció kidolgozása a sertéshúsok és húskeverékek fehérje- és zsírtartalmának becslésére.
- Különböző hőmérsékleten, eltérő ideig kezelt, eltérő eredetű sütőzsiradékok (napraforgó- és repceolaj, sertés- és libazsír) kategorizálása, továbbá a hőkezelés okozta minőségváltozás jellemzése a vizsgált sütőzsiradékokban.

## **2. Anyagok és módszerek**

### **2.1. Vizsgálati minták**

#### **2.1.1. Sertéshúsok, húskészítmények és szalonnák**

A különböző kísérleti beállítások során eltérő genotípusú sertések húsát vizsgáltuk nyers (tőkehúsok), illetve feldolgozott állapotban (húskeverékek, kolbászmasszák). A genotípus azonosítását célzó vizsgálat során összesen 91 húsminta (27 mangalica, 26 lapály, 27 nagy fehér és 11 lapály × nagy fehér keresztezett) NIR analizését végeztük el. A húsertéseket átlagosan 104 kg-ban, míg a mangalicákat 157 kg-ban vágták. 24 órás hűtést követően a bal karajokból (*m. longissimus dorsi*) az utolsó hátcsigolya tájékáról megközelítőleg 1 kg mintát vettünk. A kötőszövetes részeket gondosan eltávolítottuk, hogy csak az intramuszkuláris zsírt tartalmazó mintákkal dolgozzunk. A kvantitatív vizsgálatok során a fenti állományt kiegészítettük további lapály karaj mintákkal. Mangalica sertésből és lapály húsertésből származó darált sertéscombokból húskeverékeket állítottunk elő, úgy hogy a mangalica bekeverési aránya 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 85, 90 és 95% volt. Lapály sertésből származó bőrözött tokaszalonna hozzáadásával a darált húsokból jellemzően mangalica, illetve lapály sertéshús alapú kolbászmasszát állítottunk elő. A szalonna vizsgálata során mangalica egyedek hátszalonnájának két elkülöníthető rétegéből vettünk mintát.

A minták szükség szerinti előáprítását Retsch Grindomix 200, homogenizálását IKA A11 homogenizátorral, liofilezését Christ Alpha 1-4 fagyasztva szárítóval végeztük.

#### **2.1.2. Sertészsír és sütőzsiradékok**

Az első vizsgálatban kereskedelmi forgalomban kapható sertészsírt 160, 170, 175, 180, 185, 190, 200 és 230 °C-on napi nyolc órán át, négy napig hevítettük. A hőkezelés 8., 16., 24. és 32. órájában vettünk mintákat. A második lépésben felhasznált repce (Vénusz) és napraforgó (Tesco) sütőolajokat és olvasztott libazsírt (Merian) élelmiszer boltban vásároltuk. A mangalica sertészsírt szalonnából, 80 °C-os vízfürdön történő olvasztással állítottuk elő. A mintákat 36 órán keresztül hevítettük megszakítás nélkül: 140, 150, 160, 165, 170, 175 és 180 °C-on. A forró sütőközegekből 4, 8, 12,

16, 20, 24, 28, 32 és 36 óra elteltével vettünk mintákat, melyeket N<sub>2</sub> gáz alatt, 4 °C-on tároltuk. A hőkezelés mértékének kifejezésére hőösszeget számoltunk (hőösszeg [°C×h] = hőmérséklet [°C] × kezelés időtartama [h]).

## 2.2. Referencia mérések

A húsminták esetében a zsírtartalom (nyerszírtartalom) Soxhlet módszer alapján került meghatározásra (ISO R-1443:1973). A nitrogén tartalmat sósavas emésztést követően Kjeld-Foss Fast Nitrogen Analyzerrel mérték. A fehérjetartalmat a kapott nitrogén tartalom 6,25-dal történő szorzását követően kaptuk meg (nyersfehérje-tartalom) (AOAC, 2000). A beltartalmi adatokat szárazanyagra vonatkoztatva adom meg [sza%]. A hátszalonnák zsírsav analízise során Folch-extrakciót követően zsírsav-metilésztereket állítottak elő, melyeket gázkromatográfiásan határoztak meg.

A sütőzsiradék mintáknál a savszámot (AV) lúgos titrálással, a 2.201 IUPAC (1987) módszer szerint határoztuk meg. Az eredményeket [mg KOH/g zsír] egységben adtuk meg. A peroxidszámot (PV) a 965.33 AOAC (1995) titrimetriás módszer szerint határoztuk meg és [meq O<sub>2</sub>/kg zsír] egységben adtuk meg. A *p*-anizidin számot (*p*AV) a 2.504 standard fotometriás IUPAC (1987) módszer szerint mértük és [meq/kg zsír] egységben adtuk meg. A teljes oxidációs (TOTOX) értéket a két utóbbi adat alapján számítottuk ki: TOTOX = 2PV + *p*AV. A karbonilszámot (CON) Bhalariao és mtsai (1961) szerint, hidroxilamin-HCl titrimetriás módszerrel mértük és [meq/kg zsír] egységben adtuk meg. A teljes poláris hányad (TPM; [%]) a 2.507 IUPAC (1987) módszer szerint oszlopkromatográfiásan került meghatározásra. A dimer és polimer trigliceridek arányát (DPTG; [%]) Peled és mtsai (1975) szerint határoztuk meg.

## 2.3. NIRS módszertan

A NIR spektroszkópiás méréseket Sample Transport Module mintakezelő egységgel szerelt FOSS NIRSystems 6500 spektrométerrel (FOSS NIRSystems, Silver Spring (Laurel), MD, USA) végeztük. A spektrumfelvétel 2 nm-es lépésközzel 400 és 2500 nm közötti hullámhossz tartományban

reflexiós (Small Ring Cup mintatartó) vagy transzflexiós (0,1 mm rétegvastagságú, alumínium tükröző felületű Camlock Cell küvetta) módban, szobahőmérsékleten történt. A spektrométert WinISI II v1.5 vezérlő és értékelő szoftver (InfraSoft International LLC, Port Matilda (State College), PA, USA) segítségével működtettük. A rögzített spektrumokat  $\log(1/R)$  formában tároltuk.

A kvantitatív analízisek során a spektrumok értékelését a WinISI szoftverrel végeztük. A módosított részleges legkisebb négyzetek (PLS) regresszió futtatása során Global módszert alkalmaztuk (Sinneave és mtsai, 1994). A kvalitatív analízisek esetében a WinISI szoftver főkomponens analízisét (PCA) és PLS diszkriminancia analízisét (Murray és mtsai, 2001), a szabad forráskódú R Project ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) gpls csomagjával fejlesztett GPLS módszert (Ding és Gentleman, 2004) és a PQS32 program (MetriNIR Kutató, Fejlesztő és Szolgáltató Kft., Budapest, Magyarország) polár minősítő rendszerét (Kaffka és Gyarmati, 1998) használtuk.

### **2.3.1. Kvalitatív analízisek**

A sertéshúsok osztályozására irányuló módszertani vizsgálatainkat Dr. Kövér Györggyel együttműködve (Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Matematika és Fizika Tanszék) folytattuk, a szabad forráskódú, moduláris felépítésű R Projectben. Az egyes genotípusok elkülönítését a gpls (Ding, B.), KernSmooth (Ripley, B.), locpol (Cabrera, J.L.O.) és pls (Wehrens, R. és Mevik, B.H.) csomagokra alapozva végeztük. Nyers és liofilezett mintákat vizsgáltunk, az értékeléseket előkezeletlen spektrumokon futtattuk. A módszer ellenőrzését keresztvalidációval és független validációval is elvégeztük, továbbá a mintakészlet spektrumait a WinISI programmal is értékeltük.

Sertéshús-keverékek, továbbá a kolbászmasszák vizsgálata során az egyes minták reflexiós NIR spektrumait rögzítettük, ezután a húskeverékeket fagyasztva szárítottuk, majd a liofilizátumok reflexiós NIR spektrumait homogenizálást követően ismételtelen felvettük. A csoportok azonosítása WinISI programmal, PLS diszkriminancia analízissel történt, spektrum előkezelést követően az első derivált spektrumból (rés: 4, kapu: 4).

A hevített sertézsírok osztályozása a transzflexiós módban felvett NIR spektrumok alapján történt. A hőösszeg csoportok azonosítását WinISI programon belül PLS diszkriminancia analízissel végeztük, az első derivált (rés: 4, kapu: 4) spektrumokon. Az ellenőrzés keresztvalidációval történt.

A hevített sütőzsiradékok osztályozása során a transzflexiós módban mért NIR spektrumok alapján a hőösszeg csoportok azonosítását a Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Hűtő és Állatiermék Technológiai Tanszékének NIR laboratóriumában végeztem el PQS32 programmal, polár minősítő rendszerrel, pont-módszert alkalmazva. Ennek során az 1100-2500 nm hullámhossz tartományt és az első derivált spektrumokat (rés: 7, kapu: 5) használtam. Az értékelést az érzékenységi értékek alapján végeztem el (érzékenység = abszolút csoporttávolság / csoportok szórásának összege).

### **2.3.2. Kvantitatív analízisek**

Az ismert beltartalmú húsminták vonatkozásában a WinISI programmal, Global PLS regresszióval becslő egyenleteket állítottunk fel. A kalibrációkhoz a 400-2500 nm hullámhossz tartományt és a második derivált spektrumokat (rés: 8, kapu: 6) használtunk. A szóródás-korrekció során Multiplicative Scatter Correction (MSC) és Standard Normal Variance (SNV) módszert alkalmaztunk. A sertésszalonna összetételének becslésekor a zsírsavprofilok és az egyedi spektrumok ismeretében a fent leírtak szerint Global PLS kalibrációt állítottunk fel WinISI programmal.

A hevített sertézsírok és sütőzsiradékok vizsgálata során transzflexiós módban mértük a NIR spektrumokat. Az összetételre WinISI programmal, PLS regresszióval, Global módszerrel állítottunk fel becslést. Ennek során a 400-2500 nm hullámhossz tartományt és az MSC-vel korrigált második derivált spektrumokat (rés: 8, kapu: 6) használtuk.

A kvantitatív analízisek során azok ellenőrzésére teljes keresztvalidációt végeztünk. A becslést az  $R^2$ ,  $SEC$ ,  $R^2_{CV}$  és  $SECV$  értékek alapján jellemeztük.



### **3. Eredmények**

#### **3.1. Sertéshús és húskeverékek vizsgálata**

##### **3.1.1. Minőségi vizsgálatok**

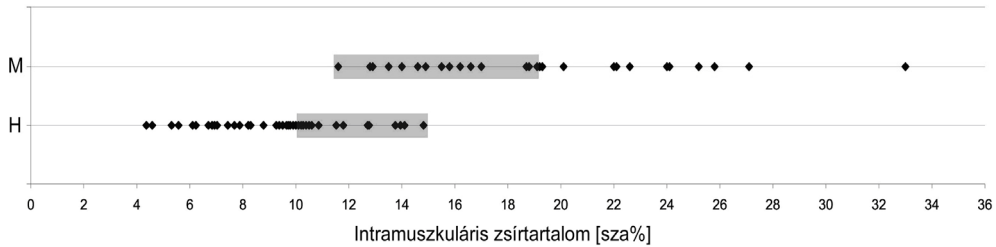
A kvalitatív analízisek során R Projectben szabad forráskódú osztályozó módszert fejlesztettünk karaj mintákra. Ezt követően a húsok spektrumainak adatbázisát az alkalmazott spektrométer gyártója által forgalmazott és ajánlott WinISI programmal is értékeltük, mintegy ellenőrizendő a saját program teljesítményét. Végül a rendszert húskészítmények osztályozása során is teszteltük.

##### **3.1.1.1. Sertéshúsok osztályozhatósága**

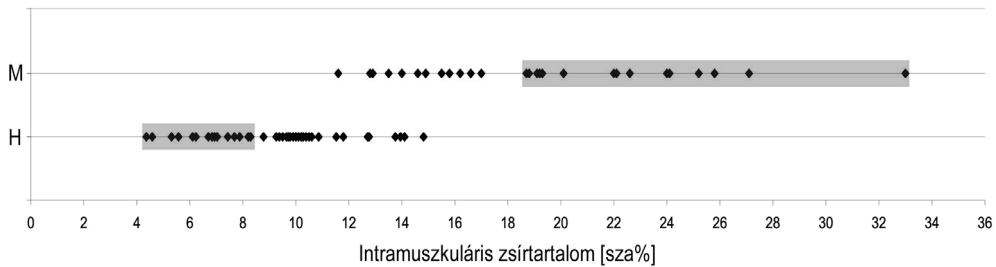
Módszertani vizsgálatunk során igyekeztünk egy egyszerűnek tűnő problémát – mangalica és hússertés minták elkülönítését – megoldani. A minták kémiai összetételének ismeretében a három intenzív hústermelő genotípus mintáit egy csoportként kezeltük. A mangalica és intenzív genotípusok elkülönítéséhez először az összes minta ( $n = 91$ ) bevonásával generáltunk osztályozó függvényt. A két csoport elkülönítése R Projecttel 100%-os volt a kereszt-validáció során, akár nyers, akár fagyasztva szárított mintákat használtunk. WinISI-vel a nyers minták esetében a keresztvalidáció során egy tévesztést tapasztaltunk, ami 99%-os helyes találati arányt jelentett.

Annak érdekében, hogy feltárjuk és lehetőség szerint kiküszöböljük az eltérő csoportba tartozó húsok kémiai összetételében mutatkozó meglehetősen nagy különbségek osztályozó módszerre gyakorolt egyértelmű hatását, speciális mintacsoportokat alakítottunk ki az ismert kémiai összetételű mintákból. Ennek során először a 15 legalacsonyabb zsírtartalmú mangalica minta és a 15 legzsírosabb hússertés minta került bevonásra a kalibrációba, majd a fennmaradó szélsőséges mintákon ellenőrző tesztet futtattunk. Második körben a 15 legmagasabb intramuszkuláris zsírtartalmú mangalica és a 15 legalacsonyabb intramuszkuláris zsírtartalmú hússertés mintán végeztünk kalibrációt. A legnagyobb különbségeket mutató csoportokon képzett osztályozó függvényt a fennmaradó, hasonló intramuszkuláris zsírtartalmú 12 mangalica illetve 24 hússertés mintákon teszteltük. A validáló állomány két

genotípushoz tartozó mintái ugyan szignifikáns különbséget mutattak zsírtartalom tekintetében, azonban a jelentős átfedésből adódóan jól tesztelhető általuk a szélsőséges mintákra alapozott diszkrimináló függvény megbízhatósága és érzékenysége.



**Kísérleti beállítás az átlapoló csoportokkal végzett kalibráció esetén  
(egyedi minták feltüntetésével)  
M: mangalica; H: hússertés  
Kalibráló állomány: szürke sávba tartozó minták**



**Kísérleti beállítás a legnagyobb különbséget mutató csoportokkal végzett  
kalibráció esetén (egyedi minták feltüntetésével)  
M: mangalica; H: hússertés  
Kalibráló állomány: szürke sávba tartozó minták**

Az utolsó osztályozó függvényt véletlenszerűen kiválasztott 20 mangalica és 50 intenzív sertéshús mintán képeztük R Projectben. Az így kapott függvényt a fennmaradó mintákon (7 mangalica, 14 hússertés) teszteltük. A négy vizsgálat összesített eredményeit az alábbi táblázat tartalmazza. Miután a WinISI-vel kapott eredmények lényegében azonosan alakultak, megállapítható, hogy a rendszer nem csupán a minták zsírtartalma alapján csoportosítja azokat, hanem igen jelentős a hús komplex összetételének eredményre gyakorolt hatása.

## Az R Projectben futtatott vizsgálatok eredményei

Vizsgálat	Nyers minták				Fagyasztva szárított minták			
	Kereszt-validáció		Független validáció		Kereszt-validáció		Független validáció	
	Faktorok száma	Találati arány	Faktorok száma	Találati arány	Faktorok száma	Találati arány	Faktorok száma	Találati arány
1.	7	100%	-	-	5	100%	-	-
2.	4	90%	4	97,2%	4	96,6%	4	94,4%
3.	4	100%	4	91,7%	4	100%	4	94,4%
4.	4	100%	5	90,5%	4	100%	5	95,2%

1. vizsgálat: minden minta bevonva a becselő egyenlet készítésébe ( $n=27+64$ ), független teszt nincs
2. vizsgálat: becselő egyenlet generálása átfedő csoportokon ( $n=15+15$ ), független teszt a jelentős eltérést mutató csoportokon ( $n=12+24$ )
3. vizsgálat: becselő egyenlet generálása a jelentős eltérést mutató csoportokon ( $n=15+15$ ), független teszt az átfedő csoportokon ( $n=12+24$ )
4. vizsgálat: becselő egyenlet generálása random válogatott mintákon ( $n=20+50$ ), független teszt a fennmaradó mintákon ( $n=7+14$ )

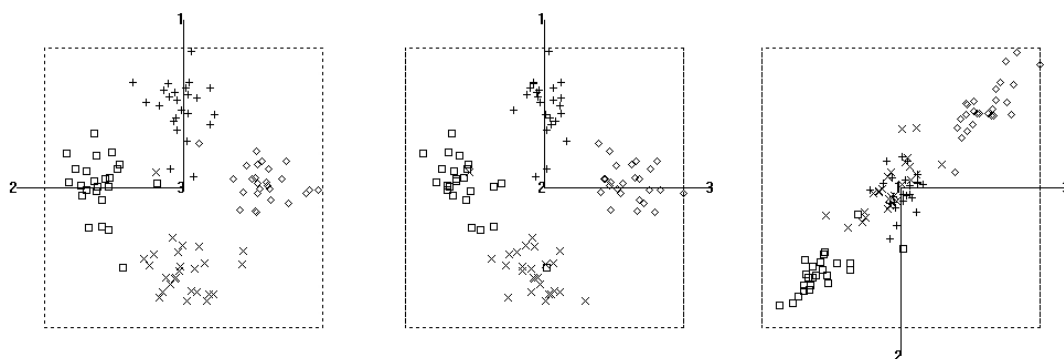
### 3.1.1.2. Húskeverékek osztályozhatósága

A mangalica és lapály sertéshús-keverékek és kolbászmasszák osztályozása során kapott eredmények alapján elmondható, hogy a NIR technikával a mangalica, illetve ipari sertéshús bekeverési arányának akár 5%-os különbsége is megbízhatóan kimutatható.

### A különböző húskeverékek első derivált NIR spektrumokra alapozott elkülöníthetősége eltérő hullámhossz tartományok esetén

Mangalica hús bekeverési aránya szerinti csoportok összevetése	400-2500 nm				1100-2500 nm			
	friss		liofilezett		friss		liofilezett	
	faktorok száma	találat %	faktorok száma	találat %	faktorok száma	találat %	faktorok száma	találat %
0-20% vs. 80-100%	3	100	1	100	4	100	1	100
0% vs. 10-100%	6	97,5	1	100	6	62,3	1	100
100% vs. 90-0%	5	87,5	2	100	3	75	2	100
0% vs. 5-100%	6	97,5	1	100	6	60	1	100
100% vs. 95-0%	6	74,8	5	100	3	67,3	5	100
100% vs. 95-70% vs. 60-40% vs. 30-5% vs. 0%	6	70,4	5	90,3	5	55,6	6	89
100-70% vs. 60-40% vs. 30-0%	6	94,7	5	95,2	6	93,6	4	90,3
100-80% vs. 60-40% vs. 20-0%	6	99,7	6	100	6	98	2	100

További osztályozási vizsgálatok eredményei szerint a teljes spektrumhoz képest a zsír régiókra redukált spektrummal kevésbé hatékonyan különíthetők el az egyes keverékek, illetve az azokból képzett nagyobb csoportok. A kolbászmasszák vonatkozásában, ha az osztályozás során a 400-1100 nm-es hullámhossz intervallummal végeztük a diszkriminancia analízist, 98%-os keresztvalidációs eredményt kaptunk.



**Különböző kolbász keverékek PLS diszkriminancia analízis során történő elkülönülése a 400-1100 nm hullámhossz tartomány bevonása esetén**  
 (□: mangalica csemege, x: mangalica gyulai, +: lapály csemege, ◇: lapály gyulai)

### 3.1.2. Mennyiségi vizsgálatok

Először csak a húsertések karaj mintáinak bevonásával végeztük el a kalibrációt, majd kiegészítettük azokat a mangalica karaj mintákkal. Ezt követően került sor a mangalica és lapály sertés combok, valamint az azokból készített húskeverékek zsír- és fehérjetartalmának becslésére. Végül a teljes adatállományt összevontuk – karaj és comb, valamint húskeverék minták – és egységes kalibrációt illesztettünk a 181 minta laboratóriumi és NIR adataira.

A továbbiakban az alkalmazott szoftver segítségével kerestük azon hullámhossz régiókat, melyeknek kifejezett hatásuk van a zsír és fehérjetartalom becslése során. Nem meglepő módon a zsírra jellemző hullámhossz tartományok adódtak a leghangsúlyosabbnak mindkét paraméter becslése során. Ennek megfelelően a becsülő egyenletekbe a 1660-1760 nm ablakot bevonva újabb kalibrációkat végeztünk, aminek eredményei összevethetőnek bizonyultak a teljes spektrummal generált becslésével.

**A NIR kalibráció és keresztvalidáció eredményei zsír- és fehérjetartalom becslése során különböző mintaállományok esetén (1100-2500 nm)**

	Állapot	Paraméter	Faktor	SEC	R <sup>2</sup>	SECV	R <sup>2</sup> <sub>CV</sub>
<b>Hússertés karaj (n=69)</b>	nyers	zsír %	3	0,83	0,917	0,98	0,883
		fehérje %	6	0,74	0,955	1,46	0,821
	liofilezett	zsír %	5	0,52	0,968	0,67	0,947
		fehérje %	8	0,53	0,977	0,80	0,948
<b>Hússertés + Mangalica karaj (n=96)</b>	nyers	zsír %	3	0,81	0,980	0,92	0,975
		fehérje %	4	0,95	0,973	1,29	0,951
	liofilezett	zsír %	4	0,61	0,989	0,71	0,985
		fehérje %	9	0,50	0,992	0,76	0,983
<b>Hús-keverékek comb (n=85)</b>	nyers	zsír %	6	0,80	0,994	1,26	0,986
		fehérje %	3	1,98	0,969	2,34	0,958
	liofilezett	zsír %	7	0,35	0,999	0,48	0,998
		fehérje %	6	0,66	0,997	0,80	0,995
<b>Összes minta vegyes (n=181)</b>	nyers	zsír %	6	0,97	0,993	1,16	0,991
		fehérje %	5	1,90	0,972	2,12	0,965
	liofilezett	zsír %	8	0,52	0,998	0,62	0,997
		fehérje %	11	0,65	0,997	0,86	0,994

SEC: kalibráció standard hibája, R<sup>2</sup>: kalibráció determinációs együtthatója

SECV: keresztvalidáció standard hibája, R<sup>2</sup><sub>CV</sub>: keresztvalidáció determinációs együtthatója

### 3.2. Zsírok vizsgálata

#### 3.2.1. Sertészsír hevítési vizsgálata

##### 3.2.1.1. Hevített sertészsír minőségi analízise

A három hőösszeg szerint kialakított csoport (2500 °C×h alatt (n=8); 2501-5000 °C×h (n=16); 5501 °C×h felett (n=8)) elkülönítése során a hőkezelés előrehaladtával egyre nehezebbé vált a minták pontos azonosítása.

##### 3.2.1.2. Hevített sertészsír mennyiségi analízise

Az intenzív hőkezelés jól kimutatható változásokat eredményezett a sertészsírban. A savszám (AV) a hőkezelés időtartamával párhuzamosan, a hőmérséklettel arányosan nőtt. A savszámmal ellentétben a peroxidszám (PV) csupán az első nyolc órában (megközelítőleg 1300-1800 °C×h hőösszeg értékig) emelkedett drasztikusan, majd csökkenni kezdett, s a kezdeti szintre állt be. A sertészsír karbonilszámára (CON) vonatkozó értékek az első 16 óra folyamán (megközelítőleg 3600 °C×h hőösszegig) gyakorlatilag állandó

szinten voltak, majd ezt követően erősen emelkedő tendencia volt tapasztalható.

**A hőösszegre és a hagyományos minőségi paraméterekre felállított kalibrációk és a keresztvalidációk eredményei 800-2500 nm intervallum, második derivált spektrumok használata esetén ( $n=32$ )**

	Faktorok száma	SEC	$R^2$	SECV	$R^2_{cv}$
Hőösszeg	2	653	0,87	807	0,81
AV	6	0,24	0,93	0,41	0,79
PV	1	22,5	0,48	24,1	0,43
TOTOX	1	51,9	0,26	57,1	0,13
CON	1	4,34	0,11	4,57	0,04

A *p*-anizidin szám (*p*AV) esetében 200 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten (azaz a gyakorlati alkalmazás hőfokán) kifejezett emelkedés volt tapasztalható az idő előrehaladtával, míg 200 °C feletti hőkezelés esetén az értékek csökkentek. A tapasztalt jelentős eltérés miatt külön kalibrációt állítottunk fel a 200 °C alatti csoportra.

**A *p*-anizidin számra vonatkozó, második derivált spektrumokkal kapott kalibrációs és kereszt-validációs eredmények különböző hullámhossz tartományok alkalmazása esetén ( $n=24$ )**

<i>p</i> AV (< 200 °C)	Faktorok száma	SEC	$R^2$	SECV	$R^2_{cv}$
800-2500 nm	2	19,1	0,77	25,1	0,62
1100-2500 nm	4	13,7	0,88	24,3	0,65
1800-2500 nm	5	12,6	0,90	21,0	0,73
2000-2500 nm	5	11,8	0,91	19,4	0,77

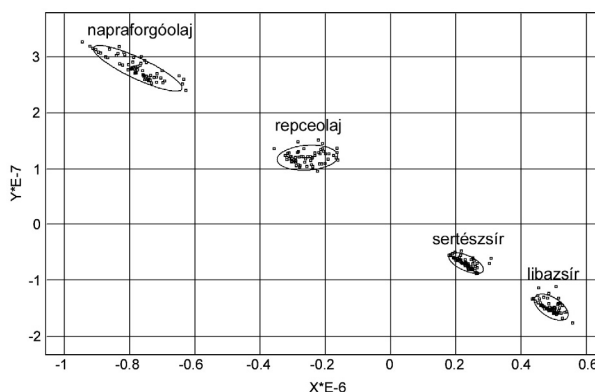
Érthető módon az eltérően alakuló peroxid és *p*-anizidin számokból származtatott TOTOX értékek kevésbé voltak informatívak a hőmérséklet okozta elváltozások értékelése során.

## 3.2.2. Sütőzsiradékok hevítési vizsgálata

### 3.2.2.1. Hevített sütőzsiradékok minőségi analízise

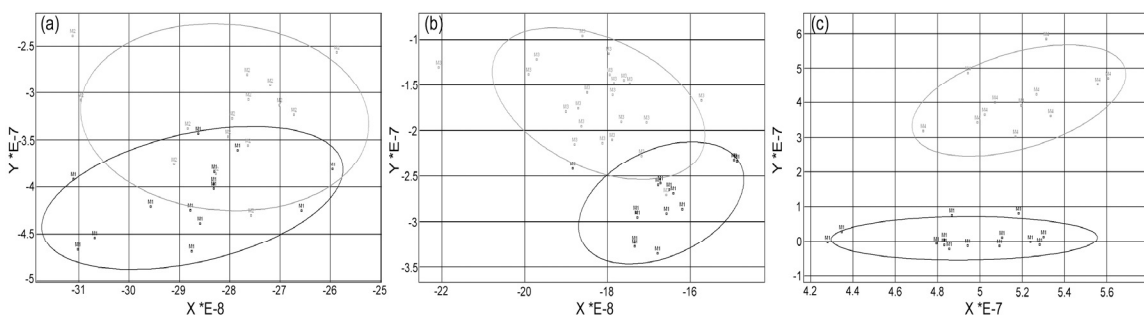
A vizsgálat során első közelítésben hőösszeg szerinti csoportokat kívántuk azonosítani PQS módszerrel, az összes mintát alapul véve ((1) 1500 °C×h alatt ( $n = 56$ ); (2) 1501-3000 °C×h ( $n = 64$ ); (3) 3001-5000 °C×h ( $n = 76$ ); (4) 5001 °C×h felett ( $n = 56$ )). Ez a közelítés gyenge eredményt adott, mutatva, hogy a zsír vagy olaj eredete (mely ebben a beállításban alosztályt jelentett) igen komoly hatással bír, és zavarólag hat a hőösszeg szerinti elkülönítés során. A második közelítést arra alapoztuk, hogy a zsiradék eredetének nagyobb hatása van, mint a hőkezelés mértékének. Így a zsír és olaj fajtákat tekintettük osztályoknak, míg a hőösszeg csoportokat alosztályként kezeltük. Az elsődleges osztályok (növényi vagy állati eredet) azonosítása 2400-2480 nm hullámhossz tartományban volt a legsikeresebb.

Ezt követően a zsiradék konkrét hovatartozását határoztuk meg az osztályokon belül. A két növényi olaj közötti elkülönítés során a legjobb eredményt a 2400-2460 nm tartományban találtuk (érzékenység = 6,850). Az állati zsírok osztályozásánál az 1160-1200 nm tartomány volt a legcélravezetőbb (érzékenység = 4,842). Ez utóbbi hullámhossz tartomány megfelelőnek bizonyult az összes zsiradéktípus egy menetben történő azonosítására. Az érzékenységi értékek mindig magasabbak voltak, ha növényi és állati eredetű mintákat vetettünk össze, ami a két csoport NIR spektrumaiban mutatkozó jelentős különbségre hívja fel a figyelmet.



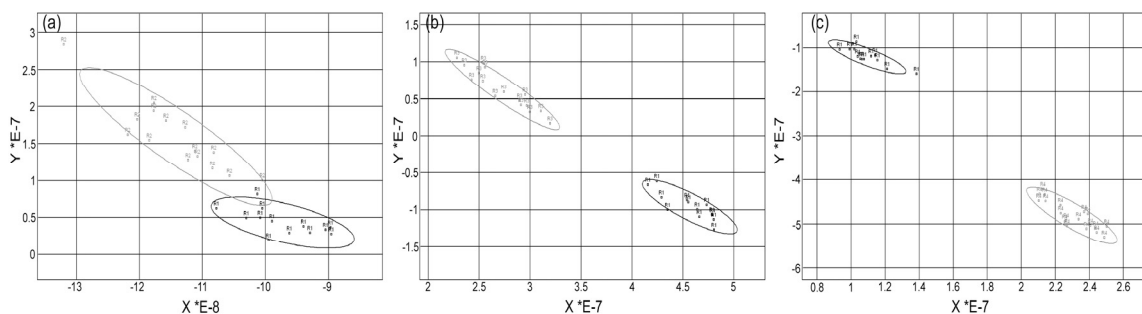
**A vizsgált minták minőségpontjainak helyzete a polár síkon egylépcsős, típus szerinti elkülönítés során (1160-1200 nm)**

Miután a zsiradékokat azonosítottuk, típusonként további osztályozási vizsgálatot és hullámhossz optimalizációt végeztünk a hőösszeg csoportokra, mint alosztályokra.



**Minőségpontok helyzete a polár síkon sertészsír minták  
hőösszeg szerinti csoportosításakor**

- (a) 1 vs. 2: érzékenység = 0,962, hullámhossz tartomány = 1420-1492 nm**
- (b) 1 vs. 3: érzékenység = 1,437, hullámhossz tartomány = 2100-2124 nm**
- (c) 1 vs. 4: érzékenység = 3,218, hullámhossz tartomány = 2092-2204 nm**



**Minőségpontok helyzete a polár síkon repceolaj minták  
hőösszeg szerinti csoportosításakor**

- (a) 1 vs. 2: érzékenység = 1,855, hullámhossz tartomány = 1424-1472 nm**
- (b) 1 vs. 3: érzékenység = 3,653, hullámhossz tartomány = 1916-1988 nm**
- (c) 1 vs. 4: érzékenység = 6,858, hullámhossz tartomány = 1128-1396 nm**

A növényi olajok és állati zsírok vizsgálata során kapott eltérő eredmények azt mutatják, hogy a minőségi változások korábban kimutathatók a növényi olajok esetében. Ez a növényi olajok hőkezeléssel szembeni gyengébb ellenálló képességével magyarázható.



### 3.2.2.2. Hevített sütőzsiradékok mennyiségi analízise

A spektrum alapú becslések eredményei közül az 1100-2500 nm hullámhossz tartományra vonatkozó adatokat tartalmazza az alábbi táblázat.

**Az egyes paraméterekre kapott kalibrációs és kereszt-validációs eredmények (1100-2500 nm)**

	Zsiradék	<i>n</i>	<i>SEC</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>SECV</i>	<i>R</i> <sup>2</sup> <sub>CV</sub>	faktorszám
<b>Hőösszeg</b>	összes	256	483	0,932	564	0,907	7
	repce	64	309	0,977	333	0,973	4
	napraforgó	64	297	0,974	371	0,960	2
	sertés	64	461	0,932	559	0,901	4
	liba	64	376	0,953	533	0,907	5
<b>AV</b>	összes	256	0,17	0,936	0,20	0,918	8
	repce	64	0,13	0,968	0,18	0,936	3
	napraforgó	64	0,04	0,931	0,05	0,897	5
	sertés	64	0,12	0,273	0,13	0,215	1
	liba	64	0,20	0,953	0,25	0,776	3
<b>PV</b>	összes	256	3,08	0,719	3,43	0,650	7
	repce	64	1,25	0,896	2,18	0,690	4
	napraforgó	64	1,74	0,949	2,10	0,927	8
	sertés	64	2,13	0,676	2,78	0,457	4
	liba	64	3,75	0,547	4,86	0,251	4
<b>CON</b>	összes	256	56,6	0,279	59,2	0,209	6
	repce	64	45,9	0,786	81,8	0,334	3
	napraforgó	64	38,6	0,680	48,2	0,510	5
	sertés	64	13,6	0,070	15,5	0,015	1
	liba	64	23,1	0,538	29,2	0,274	4
<b><i>p</i>-AV</b>	összes	256	20,9	0,685	21,9	0,654	6
	repce	64	25,2	0,611	27,8	0,536	1
	napraforgó	64	28,0	0,068	28,7	0,042	2
	sertés	64	12,2	0,762	13,2	0,726	1
	liba	64	6,85	0,931	9,54	0,869	5
<b>TOTOX</b>	összes	256	22,0	0,705	23,1	0,676	7
	repce	64	25,4	0,628	27,9	0,557	3
	napraforgó	64	24,4	0,445	30,9	0,128	2
	sertés	64	11,8	0,833	15,0	0,733	4
	liba	64	9,68	0,911	15,7	0,771	6
<b>TPM</b>	összes	256	3,97	0,930	4,15	0,923	3
	repce	64	2,27	0,938	2,57	0,978	2
	napraforgó	64	3,91	0,920	4,02	0,917	1
	sertés	64	2,16	0,948	2,61	0,925	4
	liba	64	5,31	0,752	5,45	0,744	1
<b>DPTG</b>	összes	256	2,62	0,293	2,35	0,263	3
	repce	64	2,19	0,047	2,24	0,022	1
	napraforgó	64	1,51	0,630	2,08	0,307	4
	sertés	64	2,66	0,046	2,78	0,220	1
	liba	64	3,36	0,004	3,54	0,089	1

A hőösszegre végzett kalibrációk kiváló eredményeket adtak. A savszámra vonatkozó mért és becsült értékek között a sertészsír kivételével minden más zsiradék esetében magas korrelációt találtunk ( $R^2 > 0,93$ ), és a kalibráció mellett a kereszt-validáció is kiváló eredményeket adott. A peroxidszám becslése megbízhatónak bizonyult, ha a teljes mintaállományt használtuk. Az egyes zsiradékokat külön-külön vizsgálva hasonlóan jó eredményeket kaptunk a növényi olajok esetében, azonban az állati zsírokra vonatkozó kalibrációk nem bizonyultak megfelelőnek. Akárcsak a peroxidszámnál, a karbonilszámra vonatkozóan is megállapítható, hogy a növényi olajok esetében a spektrumokra alapozott becslés elfogadható megbízhatóságot mutatott, míg az állati zsírokra gyengébb eredmény volt jellemző. Összességében a karbonilszám NIR spektroszkópiás becslhetősége gyengének bizonyult. A *p*-anizidin számra és TOTOX értékre vonatkozó kalibráció csak az állati zsírok esetében érte el a gyakorlati alkalmazhatóság szintjét. A teljes poláris hányad (TPM) esetében megbízható, robusztus kereszt-validációs eredményeket kaptunk, csupán a libazsír mutatott kivételt ez alól.

A fentiekben bemutatott, sertészsírra vonatkozó eredményeket több szempontból ellentétesek a 3.2.1.2. fejezetben szintén hevített sertészsírral kapcsolatban leírtakkal. A két vizsgálattal kapcsolatban le kell szögezni, hogy azok jelentős mértékben eltértek egymástól, így nehezen összevethető, noha mindkettő során sertészsír hevítéséről volt szó. Feltételezésem szerint a mintaelőkészítésben és a hőkezelés folyamatában tapasztalt eltérés okozta az ellentmondásos eredményeket. További vizsgálatra van szükség annak érdekében, hogy a sertészsír minőségi jellemzőire vonatkozó megbízható becslések felállíthatók legyenek.

### **3.2.3. Sertésszalonna zsírsavösszetételének becslése**

A mangalica hátszalonna minták zsírsavprofilját a NIR spektrumok 1100-2500 nm hullámhossz tartományára alapozva becsültük. A szalonnában jellemzően magas százalékban előforduló zsírsavak esetében az  $R^2$  értékek több alkalommal is megfelelő szintet értek el, a keresztvalidációs próbák azonban gyenge eredményt adtak ( $R^2_{CV} < 0,7$ ).

#### 4. Következtetések, javaslatok

A NIR berendezések folyamatos fejlesztése mellett számos hardver gyártó cég (FOSS, Bruker Optics, Büchi, Light Light Solutions, MetriNIR, Opotec, Perten, Unity) készít szoftvereket is a NIR spektrumok feldolgozására. Ezzel párhuzamosan léteznek a spektrális adatok feldolgozására specializálódott cégek, melyek multifunkcionális kemometriai programcsomagokat fejlesztenek (pl. CAMO Unscrambler). Újabban megfigyelhető ugyanakkor, hogy a kutatók figyelme a fejleszthető, szabad forráskódú szoftverek, például az R Project alkalmazása felé fordul.

Tapasztalataim alapján az R Project használata számos előnnyel jár. Az alkalmazott algoritmus, a futtatási tulajdonságok, továbbá az eredményközlési formák a mindenkori felhasználói igényekhez adaptálhatók. Ezeket az előnyöket, melyek különösen kutatói alkalmazások esetében számottevők, fel kívánjuk használni a KE Termékminősítő Laboratóriumban archivált, jelentős számú különféle gazdasági haszonállat (sertés, szarvasmarha, broilercsirke, pulyka, fűrj, fácán, nyúl, eltérő halfajok stb.) húsmintáiról felvett spektrumok további feldolgozása során.

Az extenzív mangalica és az intenzív húsertés genotípusok húsmintáinak elkülönítését célzó vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az osztályozó rendszer nem csupán a minták zsírtartalma alapján csoportosítja azokat, hanem igen jelentős a hús komplex összetételének eredményre gyakorolt hatása is. További vizsgálatok szükségesek ugyanakkor a mangalica és egyéb sertések húsa között mutatkozó különbségek magyarázatához. Érdeemes lehet spektrum előkezeléseket követően is elvégezni az osztályozó vizsgálatokat, mert így a kezeletlen spektrumokkal elért eredmények tovább finomíthatók.

A kísérleteinkbe bevont extenzív őshonos, valamint az intenzív kereskedelmi fajták húsanak NIR spektrumait vizsgálva néhány éles különbséget tapasztaltunk a zsírra jellemző tartományokban (1210, 1720, 2304, 2348 nm). Ezen eredményeket nem részleteztem, mivel feltételezhetően nem csupán a teljes intramuszkuláris zsírtartalom, hanem annak zsírsavösszetétele is

különbözött a vizsgált, eltérő genotípusú és hizlalású sertésekben. Érdekes lehet az 500 és 577 nm-en mért abszorbancia értékek vizsgálata is, mivel a hús legfontosabb pigmentjének, a mioglobinnak ezeken a hullámhosszokon van kifejezett jele. Tekintettel arra, hogy a mangalica húsa az ipari sertésfajtákéhoz viszonyítva jellemzően sötétebb, így ez a terület is alkalmas lehet az azonosításra. Ez a lehetőség is figyelemre méltó, miután a mangalica termékek egyre bővülő piaca szükségessé teszi gyors és megbízható módszerek alkalmazását a húsok és húskészítmények azonosítása terén.

Húsok és húskeverékek fehérje- és zsírtartalmának becslésekor lehetőség mutatkozik gyors szkennelő módszer kialakítására, mellyel a vizsgálatok (a 100 nm-es spektrumtartomány felvétele) időigénye néhány másodpercre csökken, ugyanakkor a becslés hatékonysága összevethető a teljes spektrumon elérttel. Hangsúlyozni szükséges azonban, hogy a tartomány ilyen módon történő szűkítése együtt jár a hiba értékek (*SEC* és *SECV*) emelkedésével. Természetesen az alkalmazási terület ismeretében lehet megítélni, hogy a gyorsabb analízis érdekében megengedhető-e a hiba ilyen mértékű emelkedése.

A zsiradékban sütött élelmiszerek szerepe egyre hangsúlyosabb a modern étkezési kultúrában. A felhasznált növényi, ritkább esetben állati eredetű zsiradékok részben hőátadó közegként vannak jelen, részben hozzájárulnak az ízek kialakításához. Közismert ugyanakkor, hogy a sütési idő előrehaladtával a zsiradék organoleptikus és táplálkozási minősége romlik. A hevített sütőzsírok minőségi analízise során általunk használt polár minősítő rendszer (PQS) automatikus hullámhossz optimalizációja segítségével az összes zsiradéktípus egy menetben történő azonosítására nyílt lehetőség. Ez a körülmény segíti különböző eredetű és típusú étkezési zsiradékok azonosítását.

Miután a sütésre használt zsiradékok konvencionális minősítése idő- és oldószerigényes, NIR méréseink során ezen módszerek részbeni kiváltásának lehetőségét vizsgáltuk. A növényi olajok állati zsírokhoz viszonyított gyors minőségromlását bemutatva elemeztük a TPM érték – mint a sütőzsírok minőségromlásának legfontosabb komplex indikátora – emelkedését a

hőkezelés során. A növényi olajoknál tapasztalt korai TPM szint emelkedés miatt kifejezett igény mutatkozik olyan gyors monitoring rendszerek fejlesztése iránt, melyekkel az elhasználódott, egészségre káros anyagok könnyen kiszűrhetővé válnak.

A *p*-anizidin vonatkozásában, az állati zsírok esetében elért eredmények a gyakorlati alkalmazhatóságot igazolják. Ennek jelentősége nagy, mivel a vegyület mérgező, így nem toxikus eljárással történő gyors kimutatása, vagy becslése igen fontos. Számolni kell ugyanakkor azzal a körülménnyel, hogy a NIR alapú becslés csak a 200 °C alatti tartományban megbízható.

Méréstechnikai szempontból a szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú növényi olajok és állati zsírok esetében a transzflexiós mérésnél alkalmazott küvetta használata javasolható. A disszertációhoz tartozó kísérletes munka lezárását követően a laboratórium mérés technikai háttere száloptikás vizsgálóegységgel bővült. További kutatásaink során tervezzük ennek összehasonlítását az eddig használt küvettás megoldásokkal, párhuzamos mérések során.

A mangalica szalonnák zsírsavösszetételére vonatkozó eredmények megerősítő vizsgálatokat tesznek szükségessé, mivel a kereszt-validációban tapasztalt viszonylag alacsony értékek ( $R^2_{CV} < 0,7$ ) nem elég meggyőzőek. Elképzelhető, hogy a szalonna minták leírt módon történő vizsgálata nem megfelelően hatékony. Ennek okát elsősorban a szalonna minták felületi reflexiójában (csillogásában) látom, mely jelentősen torzíthatta a reflexiós NIR spektrumokat. A szalonna áttetszőségéből adódóan a jövőben célravezető lehet adott vastagságú szeletek transzmissziós vizsgálata is. A bemutatott eredmények alapján azonban úgy tűnik, nem kérdőjelezhető meg a NIR módszer alkalmazásának létjogosultsága, azonban újabb mérések és az adatok értékelése szükséges ahhoz, hogy a leírtaknál jobb eredményeket kapjunk, melyekből határozott következtetések vonhatók le.

Általánosságban elmondható, 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 jó becsléssel, szinte teljes egészében

leírhatók. Hangsúlyozni kell ugyanakkor, hogy a kapott, korrelatív eredmények sosem tekinthetők 100%-osan megbízhatónak, ezért az eljárás nem lehet bizonyító erejű. Kiválóan alkalmas azonban folyamatok nyomon követésére és gyors döntések kialakítására, főként olyan esetekben, amikor a NIR alapján 0,9 feletti  $R^2$  értékkel és minimális hibával becsülhető tulajdonság laboratóriumi referencia mérése napokig is eltarthat. Másrészt, mivel a termék vásárlója kevésbé érdeklődik annak pontos beltartalmi értékei iránt, viszont kíváncsi arra, hogy az adott termék illeszkedik-e egy általa megfogalmazott elvárásrendszerhez, termékcsoporthoz, fokozottan nő az igény a NIR-hez hasonló, mind tökéletesebb gyors minőségi osztályozó módszerek iránt (monitoring-riasztó rendszerek).

## 5. Új tudományos eredmények

1) Extenzíven tartott őshonos mangalica és intenzíven hizlalt modern húsertés genotípusok nyers és fagyasztva szárított karajmintáinak elkülönítése PLS alapú osztályozó függvénnel 100%-os eredményt hozott a teljes kereszt-validáció során, míg a független teszt 90,5% és 95,2%-os találati arányt eredményezett a nyers és liofilezett mintákra vonatkozóan.

2) Extenzív mangalica és intenzív lapály sertés eredetű húsokból összeállított keverékek osztályozási vizsgálata során a lapály sertéshús 10%-os bekeverési aránya 95%-os, míg 5%-os bekeverési aránya 92,2%-os találati aránnyal volt kimutatható a kereszt-validációban, fagyasztva szárított minták esetében, első derivált spektrumokat alkalmazva.

3) Sertéshúsok zsír- és fehérjetartalmának becslése az 1100-2500 nm hullámhossz-tartomány bevonásával megbízható eredményt adott a kereszt-validációs tesztek során ( $R^2_{CV} > 0,96$ ). Ehhez hasonlóan, a szűkített 1660-1760 nm tartomány alkalmazása esetén is megbízható eredményt kaptam ( $R^2_{CV} > 0,95$ ), azonban a kereszt-validáció standard hibájának (*SECV*) növekedése a kisebb pontosságra utal.

4) Hevített sütőzsírok PQS alapú minőségi elemzése során megállapítottam, hogy a zsír, vagy olaj eredete döntően befolyásolta a hőösszeg szerinti elkülönítést. Az alkalmazott beállítás mellett a hőösszeg szerinti azonosítást megelőzően szükség van a zsiradékok fajta szerinti osztályozására. Ennek megfelelően a növényi olajok és állati zsírok 2400-2480 nm hullámhossz-tartományban különültek el a legjobban (érzékenység = 3,17, ahol érzékenység = abszolút csoporttávolság / csoportok szórásának összege). A növényi és állati csoportokon belül a napraforgó- és repceolaj elkülönítése során a legjobb eredményt a 2400-2460 nm közötti tartományban kaptam (érzékenység = 6,85), míg a sertés- és libazsír elkülönítése az 1160-1200 nm tartományban volt optimális (érzékenység = 4,84).

5) Az 1160-1200 nm hullámhossz-tartomány megfelelőnek bizonyult a hevített repceolaj, napraforgóolaj, sertészsír és libazsír minták egy menetben történő PQS módszerre alapozott azonosítására, amennyiben minden esetben 4,61-ot meghaladó érzékenységi értéket kaptam az elkülönítések során.

6) A hőösszeg-csoportok szerinti PQS elkülönítés mind a repce-, mind a napraforgóolaj vonatkozásában kielégítő eredményt adott (érzékenység  $> 1$ ) már a korai fázisoktól kezdve, ami azt jelzi, hogy kevesebb, mint 1500 °C×h (megközelítőleg 9 óra használat üzemi hőmérsékleten) elegendő ahhoz, hogy olyan változás következzen be a növényi olajokban, amely NIR alapon nagy biztonsággal kimutatható. Ezzel szemben a sertés- és libazsír esetében a hőközlés korai hatása (1500 °C×h) nem volt megbízhatóan kimutatható (érzékenység  $< 1$ ).

7) A hevített sütőzsiradék mennyiségi analízise során a hőösszegre végzett kalibrációk a zsiradék típusától függetlenül megbízhatónak bizonyultak, miután a kereszt-validációk is sikeresek voltak ( $R^2_{CV} > 0,90$ ). A savszámra vonatkozó mért és becsült értékek között a sertészsír kivételével minden zsiradék esetében magas korrelációt találtam a kalibráció során ( $R^2 > 0,93$ ), melyet a kereszt-validáció is megerősített ( $R^2_{CV} > 0,77$ ). A peroxidszám becslésekor jó eredményeket kaptam a növényi olajok esetében ( $R^2 > 0,89$ ;  $R^2_{CV} > 0,69$ ). A *p*-anizidin számra vonatkozó kalibráció a sertés- és libazsír esetében érte el a gyakorlati alkalmazhatóság szintjét ( $R^2_{CV} > 0,7$ ), míg a TOTOX értékre csak libazsír vonatkozásában kaptam megfelelő eredményt ( $R^2_{CV} = 0,77$ ). A teljes poláris hányad esetében a libazsír kivételével megbízható, robusztus kalibrációs ( $R^2 > 0,92$ ) és kereszt-validációs eredményeket kaptam ( $R^2_{CV} > 0,91$ ).



## **6. Az értekezés témakörében megjelent közlemények**

### **6.1. Idegen nyelven megjelent tudományos közlemények**

1. Bázár, Gy., Szabó, A., Romvári, R. (2010): NIR based quality control of frying fat samples by means of Polar Qualification System. Food Control, 21(7): 992-997. (IF: 2,463)
2. Szabó, A., Bázár, G., Locsmandi, L., Romvári, R. (2010): Quality alterations of four frying fats during long-term heating (conventional analysis and NIRS calibration). Journal of Food Quality, 33(1): 42-58. (IF: 0,600)
3. Bázár, Gy., Kövér, Gy., Locsmándi, L., Andrásy-Baka, G., Romvári, R. (2009): Identification of traditionally reared Mangalica pig's meat by near infrared spectroscopy using generalized partial least squares in open source R Project – a feasibility model study. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 17(3): 119-125. (IF: 0,991)
4. Szabó, A., Bázár, Gy., Andrásy-Baka, G., Locsmándi, L., Romvári, R. (2009): A near infrared spectroscopic (NIR) approach to estimate quality alterations during prolonged heating of lard. Acta Alimentaria, 38(1): 97-106. (IF: 0,505)

### **6.2. Magyar nyelven megjelent tudományos közlemények**

1. Bázár, Gy., Romvári, R. (2009): A közeli infravörös (NIR) spektroszkópia lehetőségei az állattermék-előállítás folyamatában (review). Állattenyésztés és Takarmányozás, 58(3): 265-280.
2. Kövér, Gy., Bázár, Gy. (2009): Grafikus felhasználói felület NIR spektrumok statisztikai kiértékeléséhez. Acta Agraria Kaposváriensis, 12: 122-130.
3. Bázár, Gy., Kövér, Gy., Locsmándi, L., Romvári, R. (2008): Mangalica- és intenzív sertés húsának elkülöníthetősége közeli infravörös spektrumok alapján. Animal welfare, etológia és tartástechnológia, 4: 730-737.
4. Kövér, Gy., Bázár, Gy. (2007): A PLS (Partial Least Squares) regresszió és alkalmazása. Acta Oeconomica Kaposváriensis, 1: 113-119.

### **6.3. Külföldi konferencia kiadványban teljes terjedelemben megjelent anyag (proceeding)**

1. Bázár, Gy., Kövér, Gy., Locsmáncsi, L., Szabó, A., Romvári, R. (2009): Detection of aliment adulteration by means of NIR spectroscopy – Feasible study based on open-source R Project. 14th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, 7-16 November, Bangkok, Thailand, 527-531.

### **6.4. Külföldi konferencián bemutatott poszter**

1. Bázár, G., Szabó, A., Romvári, R. (2008): NIR classification of frying fat samples by means of Polar Qualification System. 14th International Diffuse Reflectance Conference, 3-8 August, Chambersburg, PA, USA.

### **6.5. Hazai konferencia kiadványban megjelent abstract**

1. Bázár, Gy., Kövér, Gy., Romvári, R. (2009): Különböző sertés genotípusok húsának NIR technikára alapozott elkülöníthetősége. 334. Tudományos Kollokvium, KÉKI, Budapest, március 6., Budapest, p. 6.

2. Szabó, A., Bázár, Gy., Romvári R. (2009): Hevített sütőzsírok minőségének konvencionális és NIR spektroszkópiás leírása. 334. Tudományos Kollokvium, KÉKI, Budapest, március 6., Budapest, p. 5.

### **6.6. Hazai konferencián bemutatott előadás**

1. Bázár, Gy., Kövér, Gy., Locsmáncsi, L., Szabó, A., Romvári, R. (2009): Élelmiszer-hamisítás kimutatásának lehetősége NIR spektroszkópia segítségével. MTA Kémiai Tudományok Osztálya Élelmiszeranalitika és -minőség Munkabizottság valamint a NIR Klub közös rendezvénye, Budapesti Corvinus Egyetem, november 3., Budapest.

2. Bázár, Gy., Szabó, A., Romvári, R. (2008): Sütőzsírok NIR spektrumokra alapozott osztályozhatósága Polár Minősítő Rendszerrel. MTA Kémiai Tudományok Osztálya Élelmiszeranalitika és -minőség Munkabizottság valamint a NIR Klub közös rendezvénye, Budapesti Corvinus Egyetem, november 5., Budapest.

3. Kövér, Gy., Bázár, Gy. (2007): NIR spektroszkóp mérési adatainak PLS regressziót megelőző feldolgozási lehetőségei a statisztikai programcsomagokban. VI. Alkalmazott Informatikai Konferencia, május 25., Kaposvár.