



Józsa Kata, Vitális Flóra, Kovács Zoltán, Zsarnóczy Gabriella

Marhahús sertéshússal történő hamisításának kimutatása spektroszkópiás módszerekkel (1. rész)

Szerzők elérhetősége

Józsa Kata¹ | élelmiszer-biztonsági ellenőr | jozsakata96@gmail.comVitális Flóra² | doktorandusz hallgató | vitalis.flora@phd.uni-mate.huDr. Kovács Zoltán² | egyetemi tanár | kovacs.zoltan.food@uni-mate.huDr. Zsarnóczy Gabriella² | egyetemi docens | zsarnoczy.g@gmail.com

A szerzők munkahelye:

¹ Pest Megyei Kormányhivatal² MATE, Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék
Munkahely címe: 1118 Budapest, Ménesi út 43-45.

Összefoglalás

A kiegyensúlyozott táplálkozásban a húsfogyasztás komoly táplálkozás-élettani jelentőséggel bír. A világ népességének rohamos növekedésével a húsfogyasztás is növekvő tendenciát mutat. A növekvő fogyasztói kereslet és az összetett élelmiszer-ellátási lánc tekintetében a fogyasztók által elvárt mennyiség, minőség és eredetiség garantálása komoly kihívást jelent. A húsok és húskészítmények esetében is nem ritkán fennáll az élelmiszercsalás és -hamisítás gyanúja, amelynek kiszűrése egyaránt gazdasági és egészségügyi jelentőségű. Két részletben közölt kutatásunkban célunk volt egyrészt az élelmiszer-hamisítással, különös tekintettel a húsokkal kapcsolatos szakirodalom feldolgozása, másrészt a közeli infravörös-spektroszkópia alkalmazhatóságának megállapítása marhahús sertéshússal történő hamisításának kimutatására. Ebben a közleményben részleteztük a húsok gazdasági, táplálkozási jelentőségét, minőségét és eredetiségét leíró jellemzőit, illetve példákon keresztül mutattuk be az élelmiszerhamisítás kimutatás során sikeresen alkalmazott korszerű módszereket. Az élelmiszer-hamisítás modellezése során alkalmazott anyagokat, módszereket és a legfontosabb eredményeket a következő tanulmányunkban foglaljuk össze.

Kulcsszavak: élelmiszercsalás, marhahús-hamisítás sertéshússal, húsmínőség ellenőrzése, húsok eredetének vizsgálata, NIR-spektroszkópia

Bevezetés

A hús mint elsődleges fehérjeforrás világszerte fontos szerepet tölt be az emberek étrendjében. A világ népessége csaknem négy milliárddal nőtt az elmúlt 50 évben, eközben az egy főre jutó globális húsfogyasztás 75%-kal nőtt. Ez azt jelenti, hogy a húsfogyasztás és -termelés világszinten csaknem megnégyszereződött. A húsmínőség meglehetősen összetett fogalom, amely különböző mikrobiológiai, fiziko-kémi-

ai és biokémiai tulajdonságokat foglal magában, amelyek mindegyike megváltoztatható az anyagi haszon érdekében (ZAUUU et al., 2021).

Az élelmiszeripar egyik nagy és legfontosabb kihívása az iparban alapanyagként felhasználásra kerülő mezőgazdasági termékek, így a húsok minőségének és az eredetének gyors és hatékony vizsgálata. A termelők számára is kiemelten fontos az általuk előállított termékek pontos és hatékony tesztelése. A termelési, feldolgo-

zási és értékesítési folyamatok során az ellátási lánc szereplőinek érdeke az áru jellemzőinek ismerete, amely nélkül a modern folyamatszabályozás és a fogyasztó hiteles tájékoztatása nem is képzelhető el (BAZÁR, 2011). A húsmínőség ellenőrzése kiemelten fontos, mivel a hús hamisítása vagy a húsfajta helytelen megnevezése a fogyasztók bizalmatlanságához vezethet a hús értékláncában, ami hatással lehet vásárlási szándékra, ezáltal a bevételre (ZAUUU et al., 2021).

A hagyományos detektálási módszerek mint a nagyműszeres analitikai eljárások, jellemzően munka-, idő- és költségigényesek, mindezek mellett a gyakran alkalmazott tapasztalati és érzékszervi vizsgálatokra a szubjektívitas okozta hiba jellemző. A tőkehúsok faj- vagy fajtaazonosítása a gyakorlott szakemberek számára egyszerű lehet, de a már darabolt vagy darált húsok vonatkozásában komoly kihívást jelent megállapítani a húsmintáról, hogy valóban ahhoz a fajhoz vagy fajtához tartozik-e, amelyet a címkéje jelöl (BAZÁR, 2011). Napjainkban a közeli infravörös- (NIR) spektroszkópiát széles körben és sikeresen alkalmazzák élelmiszer-elemzésre is. A NIR-spektroszkópia számos előnnyel rendelkezik a hagyományos módszerekkel szemben, mint például a gyors és egyszerű minta-előkészítés, az online használatra való alkalmasság és az élelmiszerek különböző tulajdonságainak egyidejű meghatározása (PREVOLIK et al., 2004).

Célkitűzés

Kutatásunk során a darálthúsok hamisításának kimutathatóságát vizsgáltuk közeli infravörös-spektroszkópiás módszerek alkalmazásával. Célul tűztük ki annak meghatározását, hogy különböző NIR-spektroszkópiás műszerekkel milyen eredményességgel mutatható ki a különböző mennyiségben sertéshússal hamisított darált marhahús. A kutatást két részre osztottuk:

- Az egyik részre, hogy megállapítsuk, hogy az egyes nyers darált húsminták esetén a különböző NIR-spektroszkópiás műszerek (asztali és kézi műszer) milyen hatékonysággal képesek kimutatni marhahús sertéshússal történő hamisítását.
- Másik részre, hogy megvizsgáljuk azt, hogy desztillált vízzel végzett extrahálás és hígítás után a különböző NIR-spektroszkópiás műszerek (asztali és kézi műszer) képesek-e kimutatni marhahús sertéshússal történő hamisítását.

Ezáltal olyan módszerek megalapozása valósulhat meg – a roncsos-

lásmentes technikák és a vonatkozó kemometriai elemzések alkalmazásával –, amelyek gyorsan és hatékonyan nyújtanak objektív eredményt a darálthúsok hamisításának kimutatásához. A kutatásban egy olyan módszer megalapozása történik, amely akár élelmiszeripari gyártósorba beépíthető gyártásközi ellenőrzésre, ami az asztali spektroszkópiás műszerek kiváltását eredményezheti. Mindezek mellett a műszer hordozhatóságát kihasználva lehetőség nyílna arra, hogy az eszközt lakossági kivitelben is alkalmazhassák.

Az eredmények ismertetése és értékelése a következő cikkünkben kerül közzé.

Az élelmiszercsalás és -hamisítás mindenkori gyanújának aktualitása miatt és komplexitása miatt a problémakör bemutatását egy „hétköznapi” példán, marhahús sertéshússal történő hamisításán keresztül vezetjük végig. A téma összetettsége miatt két részletben közöljük a legjelentősebb ismereteket. Az első részben átfogó képet adunk a húsok gazdasági, táplálkozási jelentőségéről, a húsok és húskészítmények minőségét, eredetiségét meghatározó tényezőkről, valamint általunk is széles termékpalalettán alkalmazott közeli infravörös-spektroszkópiáról. A modelként használt élelmiszerhamisítás-kimutatás során általunk alkalmazott módszereket és eredményeket egy következő cikk foglalja majd össze.

Irodalmi áttekintés

A húsfogyasztás

A hús az őskortól kezdve az emberi étrend szerves része volt, az állatokat a tejük és a húruk miatt házasították.

A húsok és a húskészítmények az emberi táplálkozásban kiemelt fontosságúak (JÁVOR et al., 2011). Fehérjetartalmuk kb. 20%, ami teljes értékű fehérje, azaz a megfelelő mennyiségben és arányban tartalmazza az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen esszenciális aminosavakat. Zsírtartalmuk változó, az állat fajától, fajtájától és testtípusától függően 1 és 40% között mozog. Kiemelkedő a vitamintartalma,

B₁₂ vitamint kizárólag a húsok tartalmaznak. Ezen kívül a húsok ásványianyag-tartalma is jó, gondoljunk a vas-tartalmukra.

A húsok két csoportba, vörös- és fehérhússra oszthatók. A vörös hús a nevet a színéről kapta, jellemzően élénk piros vagy vörös színű. Ide tartozik a sertés-, a bárány-/birka-, a marha- és borjúhús. A fehérhúsok csoportjába tartoznak a baromfik, ami egy általános kifejezés, magában foglalja a csirkét, a libát, a pulykát, a kacsát, gyöngytyúkot és a galambot is.

A húsfogyasztási szokások országonként eltérőek. A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint hazánkban a legkevesebbet marhahúst fogyasztunk (3,6 kg/fő/év), ezt követi a sertéshús (29,1 kg/fő/év), míg a legtöbb a baromfi-hús (35,5 kg/fő/év). A húsfogyasztásunk – hasonlóan, mint a világban – folyamatosan nő. 2010-ben még 56,7 kg volt fejenként és évente, 2015-re ez már 63,9 kg, míg 2020-ban elérte a 72,5 kg-ot.

A hús minőségét meghatározó tényezők

Az életszínvonal folyamatos fejlődésével és az étkezési szokások és trendek változásával folyamatosan és tartósan növekszik a kereslet a biztonságos és jó minőségű hús iránt. A hús értéklánca nagyon változó, nehezen ellenőrizhető, és állandó intézkedéseket igényel a minőség-ellenőrzés garantálása érdekében (HADDI et al., 2015).

A húsiparban a minőség-ellenőrzés meglehetősen összetett fogalom, amely különböző mikrobiológiai, fizikai-kémiai és biokémiai jellemzőket foglal magában, amelyek az élelmiszer-előállítási lánc bármely pontján manipulálhatók pénzügyi nyereség érdekében (JÁVOR et al., 2011). A húsmínőség ellenőrzése kiemelkedő fontosságú, mivel a fogyasztók megtévesztése vagy a hús hamisítása bizalmatlansághoz vezethet a hús értékláncában, amely befolyásolhatja a gazdasági bevételeket. A hús hamisítása egyformán, vallási és erkölcsi szempontból is rossz következményekkel járhat, mivel az emberek más-más húsfogyasztási szokásokat részesítenek előnyben. Így, még akkor



is, ha különböző típusú húsokat kevernek és darált formában értékesítenek, azok tartalmát teljes egészében fel kell tüntetni a jelölési előírásoknak megfelelően.

A hús minőségének fogalma komplex, amelyet több tulajdonság egyszerre határoz meg. Ezen tulajdonságok külön-külön, együttesen, valamint egymásra hatva alakítják ki a fogyasztók által érzékelt minőséget, és elégitik ki az elvárt igényeket. Számos technológiai, genetikai és környezeti tényező befolyásolhatja a hús minőségét, amelyek hatással vannak a vágás előtti és utáni fiziológiás állapotra. A vágásra szánt állatok egészségügyi állapota és a vágóhíd higiénája kritikus fontosságú ahhoz, hogy a fogyasztók jó minőségű, magas élvezeti értékű, tápláló és az egészség veszélyeztetése nélküli étel-miszerhez jussanak.

A hús minőségi tulajdonságait az alábbi csoportokra oszthatjuk (JÁVOR et al., 2011):

1. A külső megjelenés, textúra és ízletesség, azaz azon tulajdonságok együttese, amelyek a fogyasztó megítélését közvetlenül befolyásolják. Ezek az érzékszervi tulajdonságok.
2. A feldolgozást befolyásoló funkcionális tulajdonságok, mint például a szín, léeresztés.
3. A táplálkozás-élettani jellemzők, mint például fehérje-, zsírtartalom.
4. Élelmiszer-biztonsági jellemzők, azaz a mikrobiológiai állapot.

Az állat fajtája, a tartási módja, a szállítása majd azt követően a lerakódása, a pihentetési ideje, a vágásra való felhajtása, a kábítása, a véreztetése, a hasítása, majd hűtése, az érlelése, végül a tárolása a húsminőséget alapvetően befolyásolja.

A hús minősítésekor számos paramétert kell figyelembe venni, mint például a hús színét, ízét, szagát, porhanyósságát, puhaságát, márványozottságát, lédúságát, a tápanyagtartalmát, pH-értékét (PSE és DFD hús) (MILLER, 2002).

A hús kémiai összetételének vizsgálatára használt klasszikus analitikai

módszerek közé tartozik a Kjeldahl-módszer (fehérje meghatározásához), a Soxhlet-extrakciós módszer (zsír meghatározásához), a pH-mérés (savasság/lúgosság megállapítására), és a koloriméter (a szín meghatározásához). Ezen módszerek egy része azonban roncsolást okoz a mintán, időigényes és esetenként drága is, és gyakran nem ad átfogó képet a hús minőségéről (YU et al., 2018).

A húsfeldolgozás technológiája

A húskészítmények gyártásának egyik fő célja a kevésbé nemes húsdarabok felhasználása, amelyek a húsfeldolgozás során keletkeznek a nemesebb húson lévő zsír, valamint kötőszövet eltávolításakor (RANKEN, 2000).

Az európai parlament és a tanács 853/2004/EK rendelete értelmében „Hús: az emlősállatok és a szárnyasok emberi fogyasztásra alkalmas izomzata”. A zsírtartalom emlősök esetén maximum 25%, sertés esetén 30% és szárnyasok esetén 15%.

A darált húst friss kicsontozott húsból készítik, majd később, amennyiben szükséges, fűszerekkel keverik össze. A színének élénkpirosnak, a textúrájának puhának kell lennie, és egyenletes méretű darabokból kell állnia, amelyek csak zsírt nem tartalmazhatnak. A szemcseméretnek egyformának kell lennie, és a darálás által nyert húscsíkoknak látszaniuk kell.

A darált hús különböző zsírtartalommal kerül forgalomba, amit a csomagoláson fel kell tüntetni. Szintén fel kell tüntetni az állat fajtát és a húsrészt (pl. darált sertéscomb, darált hús pulyka alsócombból). Többféle állatból származó darált húsnál fel kell tüntetni az állat fajtát (pl. darált sertés-marhahús) és az összetevőknél az arányukat és a húsrészt (pl. sertéslapocka 51%, marhalapocka 49%).

A darált húst hűteni kell, ezzel csökkentve az enzimek és a mikroorganizmusok aktivitását. A fogyaszthatósági ideje 1-3 nap, az előállítás higiéniai körülményeitől és a tárolási körülményektől függően. Természetesen ez a csomagolás módjától függően hosszabb is lehet.

Élelmiszer-hamisítás

A fogyasztókra és a hatóságra is nagy veszélyt jelent a gazdasági okokból elkövetett étel-miszer-hamisítás vagy az étel-miszer-csalás (SPINK et al., 2011).

A 2008. évi XLVI. törvény az étel-miszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló törvény (továbbiakban: Éltv.) 14/A.§ (1) bekezdése alapján: „A hamisított termék előállítása és forgalomba hozatala tilos”. Az, hogy mely termék minősül hamisítottnak, arról a 2. bekezdés rendelkezik:

- a) „amelynek minőségmegőrzési, fogyaszthatósági, illetve felhasználhatósági idejét jogellenesen meghosszabbították,
- b) amelyet nem megengedett összetevő felhasználásával állítottak elő,
- c) amelynek átcímkezése vagy átcsomagolása jogsértő módon történt,
- d) amelyet emberi fogyasztásra nem alkalmas anyagokból vagy termékekből állítottak elő emberi fogyasztás céljára,
- e) amelynek emberi fogyasztásra való alkalmatlanságát elfedik,
- f) amelynek rendeltetésszerű használatát elfedik,
- g) amelyet lényeges külső tulajdonságának jogellenes megváltoztatásával állítottak elő,
- h) amelyet az előállításra kizárólagosan jogosult hozzájárulása nélkül állítottak elő, vagy
- i) amelyet lényeges tulajdonságára vonatkozó félrevezető megjelöléssel hoztak forgalomba gazdasági előny vagy haszonszerzés céljából.”

Az Éltv. 4) bekezdése alapján „Tilos olyan

- a) étel-miszer előállítása, illetve forgalomba hozatala, amelyet a rá vonatkozó előírásokban, engedélyekben vagy a gyártmánylapban meghatározott minőségi előírásoknak nem megfelelően állítottak elő,
- b) étel-miszer előállítása, illetve forgalomba hozatala, amelyet részben vagy egészben lejárt mi-

nőségmegőrzési, illetve fogyasztathatósági idejű anyagokból állítottak elő,

- c) termék előállítás, illetve forgalomba hozatala, amelyet az adott tevékenység vonatkozásában nem engedélyezett, illetve nem nyilvántartott módon állítottak elő, illetve hoztak forgalomba”.

Az ételhamisítás nem újkeletű probléma, de az utóbbi évtizedekben, években ipari méretűvé növekedett. A hamisítás régebben az egyes házi receptekben a drágább összetevők olcsóbbra cserélését jelentette, míg manapság a nagyüzemi előállításnak köszönhetően ételhamisítás-biztonsági szempontból aggasztó ételhamisítások kerülhetnek a fogyasztókhoz. Az iparban a leggyakoribb hamisítási módszerek, mint például a minőségmegőrzési vagy fogyasztathatósági idő átírása, romlott alapanyag feldolgozása, eredetvédett termékek hamisítása, gyengébb minőségű alapanyagok felhasználása, nem bioételhamisítás bioételhamisításként történő értékesítése vagy a nem engedélyezett összetevőkkel való dúsítás.

A leggyakrabban hamisított ételhamisítások közé tartozik az olívaolaj és a méz. Olívaolajat esetenként más és más olcsóbb olajjal hígítanak, mint a pálma- vagy avokádóolaj, vagy olyan, amelyek hasonló zsírsavtartalmúak, mint például a napraforgóolaj vagy a sáfrányos székelyi olaj (CASADEI et al., 2021). A méz hamisításakor két esetet különböztethetünk meg, a direkt (közvetlen) és az indirekt (közvetett) hamisítást. Direkt hamisítás során

a mézhez valamilyen cukorszirupot (mint például répa, kukorica, szacharóz vagy rizs) kevernek. Indirekt hamisításakor a méheket a gyűjtési időszakban szirupokkal etetik (BODOR et al., 2018). Gyakori hamisított ételhamisításnak minősül még a paprika is, leginkább porított formában. A paprikát különféle ételhamisítás-színezékekkel festik meg. Magyarországon 1994-ben volt nagyobb botrány a fűszerpaprika hamisítása kapcsán, amikor miniummal kevert (azaz ólmozott) piros paprika-őrlemény került a fogyasztókhoz, amely ország szinten okozott megbetegedést. 2013-ban Nagy-Britanniában több áruházlánc lóhúst árult marhahúsként. Erre az átverésre az ír ételhamisítás-biztonsági hatóság vizsgálatai alapján derült fény. Ebben az esetben az okozta az alapvető problémát, hogy a termékek fenilbutan-zont tartalmaztak, melyet a lovaknál a fájdalomcsillapításra alkalmaznak, és ez az anyag az ételhamisításban tiltott.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Ételtudományi és Technológiai Intézetében több éve foglalkoznak különböző ételhamisítás kimutatására alkalmas módszerek kidolgozásával. VITÁLIS és munkatársai (2020) kutatásának célja hamisított anyagok viszonylag kis koncentrációjának kimutatása és előrejelzése paradicsomsűrítvények esetében. Gyakori hamisító anyagokkal keverték össze mintáikat, mint például paprikamag, kukoricakeményítő, szacharóz vagy konyhasó, különböző arányban. A paradicsompüré-mintákat mind hagyományos (vízoldható szárazanyag-tartalom és konzisztencia), mind fejlett anali-

tikai technikák (NIR-spektroszkópia, elektronikus nyelv) alkalmazásával vizsgálták. A hagyományos módszerekkel kapott eredményeket egyváltozós statisztikával (ANOVA), míg a fejlett analitikai módszerekkel kapott adatokat többváltozós módszerekkel (főkomponens-analízis (PCA), lineáris diszkriminancia-analízis (LDA) és parciális legkisebb négyzetek regresszió (PLSR) elemezték. A hagyományos módszerekkel csak nagyobb koncentrációknál (5-10%) tudták kimutatni a hamisítást, míg a NIR-spektroszkópia és az elektronikus nyelv esetében jó pontosságot kaptak, még a minimális hamisító koncentrációk (0,5%) azonosításában is. Összegzésként a NIR-spektroszkópia bizonyult könnyebben megvalósíthatónak és pontosabbnak értékeléseik során.

ZAUKUU és munkatársai (2019a) gyenge minőségű tokaji borokat vizsgáltak, és céljuk olyan modellek kidolgozása volt, amelyek ezen borok gyors megkülönböztetését teszik lehetővé. Ezen borokhoz szőlőmustot kevertek, ezzel a borok cukortartalmát növelték, hogy megfeleljenek a jobb minőségű tokaji borok cukortartalmi követelményének. A mérésekhez NIR-spektrométert (kézit és asztalit), valamint elektronikus nyelvet használtak. Az elektronikus nyelvvel és a NIR asztali készülékkel kapott eredmények ígéretesnek bizonyultak. Szintén e kutatók egy másik kutatásukban (2019b) kukoricaliszttel különböző mértékben hamisított (1-40% között) fűszerpaprika-minták kimutatását, illetve annak koncentrációjának becslését végezték szintén NIR-spektroszkópiával és különböző kemometriai elemzésekkel. A predikciós modellek nagy pontossággal és kis hibával becsülték a hamisított mintákban a kukoricaliszt-koncentrációt.

BODOR és munkatársai (2020) kutatásukban autentikus magyar hárs- és akácmézeket vizsgáltak. Az eredeti és a cukorsziruppal direkt módon hamisított mintákat, valamint az Európai Unióból és nem Európai Unióból származó, kereskedelmi forgalomban kapható mézkeverékek fizikai-kémiai tulajdonságait vizsgálták. A vizsgálataikat elekt-





ronikus nyelvvel és elektronikus orral végezték el. A kutatás eredményeként elmondható, hogy a fizikai-kémiai tulajdonságok az eredeti és a hamisított mézminták esetén a klasszikus módszerekkel kimutathatók. Az érzékszervi profilanalízis alapján az akácméz esetében csak négy, a hársméznél nyolc paraméter tekintetében talált szignifikáns különbséget a módszer a referencia és a hamisított minták között. Az eredmények azt is mutatják, hogy különösen az akácmézek esetében az ember nem képes kimutatni a különbségeket alacsonyabb hamisítási szinteken. Az elektronikus orr és nyelv sokkal érzékenyebb volt a különböző mézek megkülönböztetésére.

ZAUKUU és munkatársai (2021) a baromfi- és vörös hús hamisítását vizsgálták elektronikus nyelvvel, különböző húsarányú darálthús-minták esetében. A kutatásban az elektronikus nyelv azon tulajdonságát használták ki, hogy a műszer képes a kis koncentrációban jelen lévő komponensek kimutatására a különböző oldatokban. Megállapították azt is, hogy az elektronikus nyelvnek páratlan előnyei lehetnek a húsminőség ellenőrzésében, de a műszer húsiparban való alkalmazása egyelőre számos kihívással áll szemben. A tanulmány célja volt, hogy meghatározzák a húsextraktum optimális hígítási szintjét az elektronikus nyelv hatékony alkalmazásához, a különböző hamisítási szintek kimutatásához. A kutatás másik célja pedig az volt, hogy összehasonlítsák az alkalmazott három standardizált húsextraktív módszer hatékonyságát. A kísérlet végén meghatározott extraktív módszerek 78%-nál nagyobb átlagos kalibrációs és 56%-nál nagyobb átlagos validációs pontosságot mutattak a különböző hamisítási szintek megkülönböztetésére, ami összevethető más módszerekkel, például a közeli infravörös-spektroszkópiával kapott pontossággal.

Ellenőrzési módszerek

A közeli infravörös-spektroszkópia

Az élelmiszer-analitikai vizsgálatok közül legdinamikusabban az elektro-

mágneses tartományt használó gyors, roncsolás- és vegyszermentes, képkalkulációra is alkalmas technikák fejlődnek.

Az élelmiszerek fehérjetartalmának meghatározására az infravörös-spektroszkópiát kiterjedten használják. A módszer pontossága még nem éri el a jól bevált és klasszikus módszerekét, azonban a mérés kivitelezésének egyszerűsége és a minta-előkészítés miatt az ilyen típusú módszerek további elterjedése várható a gyakorlatban. A módszer igen gyors, mert az elektromágneses hullámok (az infravörös fény) sebességével mér, és roncsolásmentes – azaz akár *in vivo* vizsgálatokra is alkalmas –, mert a használt elektromágneses hullámok nem károsítják az anyagot. Az infravörös-spektroszkópia méri a molekulák rezgési és forgási állapotában bekövetkező változásait, hiszen ezeket is a kvantumfeltételek határozzák meg, ezért információt nyújtanak a vizsgált anyag szerkezetéről. A rezgési energia változásait az infravörös fény elnyelése okozza, amelynek 2500 és 15000 nm között van a hullámhossztartománya. Az infravörös- (IR-) transzmisszióban működő készülékek az 5700 és 9600 nm közötti tartományban működnek, míg a közeli infravörösben (NIR) mérők pedig az 700 és 2400 nm közötti tartományban (CSAPÓ et al., 2020). A közeli infravörös-tartományban a fényt az anyagok összetételüktől függően verik vissza, illetve engedik át a különböző hullámhosszúságú sugárzásokat, ez képezi a módszer alapját. A kapott reflexiók, illetve transzmissziós spektrum alapján az egyes összetevők – így például a fehérje-, nedvesség-, valamint a keményítőtartalom – mennyiségi meghatározása lehetségessé válik.

Aquaphotomics

A biológiai rendszerekben a víz a legnagyobb mennyiségben előforduló komponens. A közeli infravörös-spektroszkópia analitikai alkalmazásának egyik fő akadályozója a víz, mivel jelentős fényelnyelése miatt más vegyületek fényelnyelését megváltoztatja, illetve abszorpciós sáveltolódást okozhat. Az aquaphotomics egy új, dinamikus fejlődő tudományterület, amelynek

felállítását Roumiana Tsenkova javasolta 2005-ben. Az általa alkalmazott metodika a vizes vagy vizes oldatba vitt rendszerek és az elektromágneses sugárzás (fény) kölcsönhatását vizsgálja. A vizes rendszerre ható különböző perturbációk a víz szerkezeti és funkcionális tulajdonságaira gyakorolt hatása a spektrális változások elemzésével követhető le. Az úgynevezett „víz-tükör megközelítés” (Water Mirror Approach) alkalmazhatóságát több kutatási eredmény is alátámasztotta, mivel annak alkalmazásával a vizes rendszerekben akár több nagyságrenddel kisebb változás, különbség kimutatása is megvalósítható. Az aquaphotomics szemléletben készült kutatásokban tehát az a közös, hogy a vizsgált rendszerek alapja a víz. Az ilyen vizes rendszerek sokváltozós és bonyolult spektrumába rejtett információk kinyeréséhez speciális adatelemzésre van szükség. Az aquaphotomics bővíti a NIR-spektroszkópiában alkalmazott sokváltozós adatelemzési módszereket (MUNCAN és TSENKOVA, 2019).

Kemometriai módszerek

A korrelatív analitikai módszerekkel, mint például a NIR-spektroszkópiával mért adatokból a kémiai összetételre vonatkozó értékes információk kinyeréséhez speciális matematikai eszközökre, az úgynevezett kemometriára van szükségünk. A kemometria definíciója szerint: „A kemometria matematikai és statisztikai modellezést használ a rendkívül összetett adatokon belüli minták és kapcsolatok felismerésére, és használható analitikai paraméterekké alakítására”. A kemometria eredendően interdiszciplináris tudomány, amely főleg matematikai módszereket, mint például többváltozós statisztikát használ a kémiai, fizikai vagy érzékszervi tulajdonságok előzetes ismeretével kombinálva. A klasszikus spektroszkópiához hasonlóan a kemometriai módszerek alkalmazása az aquaphotomics elemzésének is meghatározó része (MUNCAN és TSENKOVA, 2019).

A főkomponens-elemzés (PCA) az egyik leggyakrabban használt feltárási módszer a spektroszkópiában az

adatelemzés korai szakaszában. Célja, hogy meghatározza a minták közötti lehetséges kapcsolatokat. Továbbá, leggyakrabban a diszkriminanciaanalízis (DA), a parciális legkisebb-négyzetek diszkriminancia elemzése (PLS-DA) és a parciális legkisebb-négyzetek regressziója (PLSR) módszerek használatosak a mennyiségi paraméterek meghatározására (TSENKOVA et al., 2018).

A következő részben mutatjuk be a vizsgálati mintákat, módszereket, valamint az eredményeket és azok értékelését.

Irodalomjegyzék

1. 2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről. Letöltve: 2022. 07. 01. forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0800046.tv>
2. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 853/2004/EK RENDELETE (2004. április 29.) az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról. Letöltve: 2022. 07. 03. forrás: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0853:20110311:HU:PDF>
3. BÁZÁR, GY. (2011): Közelinfravörös spektroszkópia alkalmazási lehetőségei sertéshús és húskészítmények, valamint sertéshús minőségében. Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minőség Tanszék, Doktori Értekezés
4. BODOR, ZS., BENEDEK, CS., KASZAB, T., KOVÁCS, Z. (2018): Application of classical and correlative analytical methods on honey origin identification. (pp. 1–6.) In XIX. Risk Factors and Food Chain Conference, Hungary, Mátrafüred, 26–28. of September
5. BODOR, ZS., KOVÁCS, Z., RASHED, M. S., KÓKAI, Z., DALMADI, I., BENEDEK, C. (2020): Sensory and physicochemical evaluation of acacia and linden honey adulterated with sugar syrup. *Sensors*, 20 (17): 4845. <https://doi.org/10.3390/s20174845>
6. CASADEI, E., VALLI, E., PANNI, F., DONARSKI, J., GUBERN, J. F., LUCCI, P., CONTE, L., LACOSTE, F., MAQUET, A., BRERETON, P., BENDINI, A., TOSCHIA, T. G. (2021): Emerging trends in olive oil fraud and possible countermeasures. *Food Control*, 124 paper 107902 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107902>
7. CSAPÓ, J., ALBERT, CS., KISS, D. (2020): *Analitikai kémia élelmiszer-mérnököknek*. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2. átdolgozott bővített kiadás
8. HADDI, Z., BARBRI, N. E., TAHRI, K., BOUGRINI, M., BARI, N. E., LLOBET, E., BOUCHIKHI, B. (2015): Analytical methods instrumental assessment of red meat origins and their storage time using electronic sensing systems. *Analytical Methods*, 7 (12):5193-5203 <https://doi.org/10.1039/c5ay00572h>
9. JÁVOR, A., SZIGETI, J. (2011): *Termékminőség és termékhygiéna*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem
10. MILLER, R. K. (2002): Factors affecting the quality of raw meat. *Meat Processing*, 27-63. <https://doi.org/10.1533/9781855736665.1.27>
11. MUNCAN, J., TSENKOVA, R. (2019): Aquaphotomics – from innovative knowledge to integrative platform in science and technology. *Molecules*, 24 (15): 2742 <https://doi.org/10.3390/molecules24152742>
12. PREVOLNIK, M., CANDEK-POTOKAR, M., SKORJANC, D. (2004): Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality – a review. *Czech Journal of Animal Science*, 49 (11): 500-515 <https://doi.org/10.17221/4337-CJAS>
13. RANKEN, M. D. (2000): *Handbook of meat product technology*. Wiley-Blackwell; 1st edition
14. SPINK, J., MOYER, D. C. (2011): Defining the public health threat of food fraud. *Journal of Food Science*, 76 (9): R157- R163 <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02417.x>
15. TSENKOVA, R., MUNČAN, J., POLLNER, B., KOVÁCS, Z. (2018): Essentials of aquaphotomics and its chemometrics approaches. *Frontiers in Chemistry*, 6: 363. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00363>
16. VITÁLIS, F., ZAUUKU, J. L., BODOR ZS., AOUADI, B., HITKA, G., KASZAB, T., ZSOM-MUHA, V., GILLAY, Z., KOVÁCS, Z. (2020): Detection and quantification of tomato paste adulteration using conventional and rapid analytical methods. *Sensors*, 20: 6059. <https://doi.org/10.3390/s20216059>
17. YU, P., LOW, M. Y., ZHOU, W. (2018): Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71: 202-215. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.013>
18. ZAUUKU, J. Z., BODOR, ZS., VITÁLIS, F., ZSOM-MUHA, V., KOVÁCS, Z. (2019b): Near infrared spectroscopy as a rapid method for detecting paprika powder adulteration with corn flour. *Acta Periodica Technologica*, (50): 346-352 <https://doi.org/10.2298/apt1950346z>
19. ZAUUKU, J. Z., SOÓS, J., BODOR, ZS., FELFÖLDI, J., MAGYAR, I., KOVÁCS, Z. (2019a): Authentication of Tokaj wine (Hungaricum) with the electronic tongue and near infrared spectroscopy. *Journal of Food Science*, 84 (12): 3437-3444. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14956>
20. ZAUUKU, J. Z.; GILLAY, Z., KOVÁCS, Z. (2021): Standardized extraction techniques for meat analysis with the electronic tongue: A case study of poultry and red meat adulteration. *Sensor*, 21 (2): Paper 481. <https://doi.org/10.3390/s21020481>

Detection of adulteration of beef with pork using spectroscopic methods

Abstract

In a balanced diet, meat consumption is of great nutritional importance. With the world population growing rapidly, meat consumption is also on the rise. With increasing consumer demand and a highly complex food supply chain, guaranteeing the quantity, quality and authenticity that consumers expect is a major challenge. Meat and meat products are also often suspected of food fraud and adulteration. The detection of food fraud and adulteration is very important for both economic and health reasons. In our research, published in two parts, we aimed at both reviewing the literature on food adulteration and modelling the detection of minced beef adulteration with pork using state-of-the-art near infrared spectroscopic methods. In this article, we have detailed the descriptive characteristics of the economic, nutritional importance, quality and authenticity of meat. In addition, the problem of food adulteration, its legal background and examples of state-of-the-art methods successfully applied in detection are presented. Materials, methods and key findings on the experimental modelling of food adulteration are summarised in the next issue.

Keywords: food fraud, food adulteration, detection, near infrared spectroscopy