

Az élelmiszerbiztonság és -minőség kihívásai az élelmiszeranalitikában

VÁRADI Mária*

Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, 1022. Budapest, Herman Ottó-út 15.,

1. Bevezetés

Napjainkban világszerte az érdeklődés középpontjába került az élelmiszerbiztonság és minőség kérdése. Az orvostudomány, a biológia, a kémia és fizika új eredményei alapján lehetőség nyílik arra, hogy a táplálkozás során az emberi szervezetbe jutó anyagok pozitív és negatív hatásait mind jobban megismerjük. A globalizáció, az élelmiszerek szabad kereskedelme a világban, szükségessé teszi az élelmiszerbiztonság feltételeinek megteremtését, a kockázatelemzés megvalósítását az emberi egészség védelmére érdekében.

Az élelmiszerekből származó egészség-veszélyeztetés megítélése kockázat becsléssel lehetséges. A kockázatbecslés nem nélkülözheti olyan analitikai módszerek alkalmazását, amelyek biztosítják a vizsgálandó anyagok/komponensek nagy érzékenységu (ppm, ppb) szelektív mérését, kimutatását, valamint a gyors eredményszolgáltatást.

Sok esetben a hagyományos analitikai módszerek nem alkalmazhatók a minőségbiztosítási rendszerek kiépítésénél.

A modern élelmiszervizsgáló módszerek mellett, mint a nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia (HPLC), gázkromatográfia (GC), tömegspektrometria (MS), HPLC-MS, GC-MS, atom- és molekula-spektroszkópia, magmágneses rezonancia (NMR), egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző biológiai és molekuláris biológia módszerek. Így a bioszenzorok különböző típusai, az enzimalapú szenzorok, az immunszenzorok, az affinitás szenzorok, továbbá az egyéb immunanalitikai módszerek, valamint a DNS alapú eljárások.

Jelen közlemény keretében ismertetjük azokat az élelmiszerekből származó veszélyeket, amelyek bizonyos esetekben szervezetünk károsodásához vezethetnek. A közlemény rövid áttekintést ad a szennyezők mérésére alkalmas analitikai módszerekről, néhány példán keresztül bemutatja az újonnan kifejlesztett módszerek hatékonyságát, alkalmazhatóságát.

2. Élelmiszerbiztonság és -minőség

Az élelmiszerbiztonság és élelmiszerminőség egymással szoros kapcsolatban levő, egymástól el nem választható fogalmak. Az élelmiszerminőség, amint az 1. ábra mutatja, magában foglalja az élelmiszerbiztonság követelményét, azaz az élelmiszer fogyasztása nem okozhat ételmérgezést, -

fertőzést, egészségkárosodást. Az élelmiszernek ugyanakkor a fogyasztó igényének megfelelően egészségesnek, táplálónak, élvezetesnek és ezen tulajdonságait romlásmentesen megőrizve fogyasztásra alkalmasnak kell lenni. A fogyaszthatóság fogalma ezen kívül más paramétereket is tartalmaz, így például a csomagolás-, jelölés-, feldolgozottság jellemzőit, stb.¹.



1. Ábra. Élelmiszerminőség fogalma

3. Az élelmiszerek minőségét, biztonságát veszélyeztető és károsító tényezők, valamint ezek kimutatására, meghatározására alkalmas analitikai módszerek.

3.1. Biológiai szennyezettség

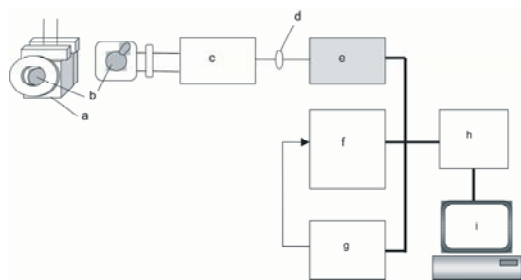
3.1.1. Baktériumok

Az élelmiszerekkel közvetíthető mikrobák közül az utóbbi időben számos fertőzést okozott a *Salmonella enteritidis*, amely elsősorban szárnyasokból, sertésekből, feldolgozó eszközök felületéről, nyers tengergyümölcsleiből mutatható ki. Továbbá számolni kell a húskészítményekben, gyümölcslevekben, nyers tejben az *Escherichia coli*, a nyers tejben, lágy sajtokban, fagylaltban, nyers húsokban, nyers, ill. füstölt halakban a *Listeria monocytogenes*, valamint elsősorban vizekben a *Vibrio cholerae* jelenlétével.

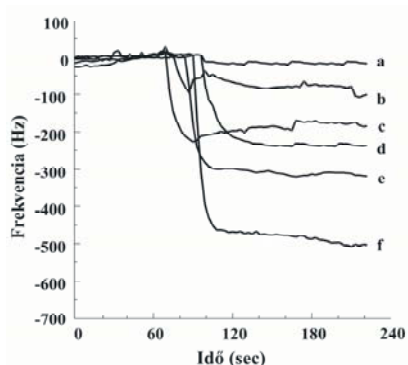
A mikroorganizmusok vizsgálata, kitenyésztése igen hosszú időt igényel (5-7 nap), ezért egyre fontosabb a gyors tesztek, elektrokémiai immunszenzorok^{2,3}, jelölés mentes immunszenzorok^{4,5} fejlesztése.

Az immunszenzorok közül a kvarckristály mikromérleg (QCM) jelölésmentes detektáláson alapuló eljárás sémáját mutatja be a 2. ábra, míg a 3. ábrán az e detektorral mért jelek láthatók különböző *E. coli* standardok esetén⁶.

* Tel: 355 8982; Fax: 212 9853; e-mail m.varadi@cfri.hu



2. **Ábra.** A kvarckristály mikromérleg (QCM) analízátor működési elve a) puffér oldat, b) perisztaltikus pumpa, c) minta injektor, d) átfolyó cella, e) hulladék, f) oszcillátor, g) kvarckristály analízátor, h) potenciosztát, i) számítógép



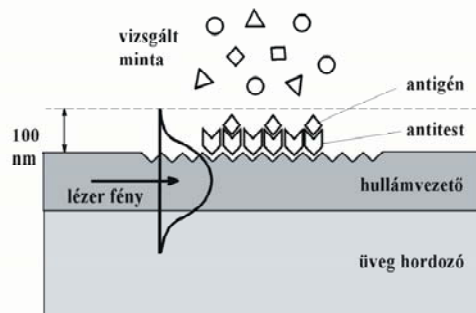
3. **Ábra.** QCM immunszenzor jele a különböző koncentrációjú *E. coli* standardokra a) 0, b) 2.3×10^6 , c) 1.8×10^7 , d) 2.2×10^7 , e) 3.1×10^7 f) 8.7×10^7 CFU/ml *E. coli*.

3.1.2. Penészgombák által termelt mikotoxinok

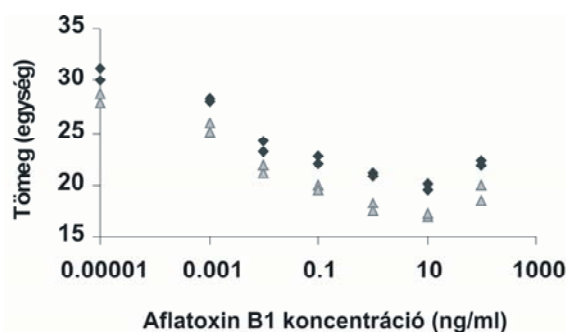
A gombák jelenléte az élelmiszerek ill. élelmiszer-nyersanyagok minőségét hátrányosan befolyásolja, hiszen jelentős szerepük van az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságainak romlásában, tápértékének csökkenésében és az általuk termelt mikotoxinok egészségkárosító hatásában⁷. Aflatoxinokat elsősorban az *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, termeli. A növényi terményekben a B₁ és G₁ toxin fordul elő leggyakrabban és a legnagyobb mennyiségben, a tejben az aflatoxin M₁ és M₂ hidroxilált metabolitok választódnak ki. A közvetlen emberi fogyasztásra vagy felhasználásra szolgáló árura 4 g/kg összes aflatoxin, ill. 2 µg/kg B₁, a felhasználás előtt még válogatásra, tisztításra kerülő termékekben 5 vagy 8 µg/kg összes aflatoxin, ill. 10 vagy 15 µg/kg B₁ a megengedett határérték. A tej és tejtermékek aflatoxin M₁ tartalma legfeljebb 0,05 µg/kg lehet. Ochratoxinokat az *Aspergillus* és *Penicillium* törzsek termelik és leggyakrabban, és legnagyobb mennyiségben a gabonaneműekben, hüvelyesekben (kakaó-, kávé- és szójababban) rizsben, borban, aszalt gyümölcsökben, fűszerekben fordulnak elő. A gabona magvak fizikai kezelésével (mosás, felületi koptatás) az ochratoxin-A szennyezettségnek több mint a fele eltávolítható. Az élelmiszerek megengedhető ochratoxin-A szintjeire nemzetközileg elfogadott határértékek még nincsenek, néhány országban ezt 5-50 µg/kg értékben határozták meg. A *Fusarium* gombakultúrákból izolált zearalenon-származékok közül a zearalenon (F-2 toxin) a legjelentősebb, mint a növényi termékek természetes szennyezője. A *Fusarium* a gabonaféléket már a földiken megtámadja. A gomba növekedése és a toxin képződése

a betakarítás után is folytatódik, ha a termény kezelése és szárítása nem megfelelő. A zearalenon a gabonaféléken felületi szennyeződésként jelenik meg, a malomipari feldolgozás után a korpába kerül. Határértéket csak kevés országban állapítottak meg az F-2 toxinra 30-1000 µg/kg közötti értékben. A patulint az *Aspergillus*, *Penicillium* és *Byssoschlamys* törzsek termelik. A patulin penészes gyümölcsökben, zöldségekben és cereáliákban, illetve takarmányokban, valamint feldolgozott gyümölcs és zöldségkészítményekben fordul elő, leggyakrabban a sérült felületű „kék penész” miatt romlott almafélékben mutatható ki. A határérték Magyarországon azonos a jelenleg nemzetközileg elfogadott 50 µg/l értékkel.

Az igen alacsony határértékeknek megfelelően a mikotoxinok azonosítására és mennyiségi meghatározására egyre kisebb kimutatási határral rendelkező analitikai módszerekre van szükség. Napjainkban az általánosan alkalmazott vékonyréteg-kromatográfia, túlnyomós réteg-kromatográfia⁸, kapillár elektroforézis⁹ mellett egyre gyakrabban HPLC technikát használnak fluoreszcenciás vagy tömegszelektív detektálással¹⁰. A gyors módszerek közül kifejlesztésre kerültek immunoassay (ELISA teszt csomagok)¹⁷, fluoreszcens polarizációs assay¹¹, radioimmunoassay alapú eljárások¹⁶ (0,2 ng/ml), SPR (surface plasmon resonance) detektáláson alapuló jelölés mentes immunszenzorok^{15, 18} (0,2 ng/g aflatoxin, 0,1 ng/g OTA, 0,01 ng/g ZON), monitorozásra pedig antitest alapú immunaffinitás kolonnákat^{14, 19} (0,1 ppb aflatoxin) és immuneszt csíkot forgalmaznak¹². A 4. és 5. ábra bemutatja egy korszerű technikán, az optikai hullámvezető fénymódus spektroszkópián (OWLS) alapuló immunszenzor működési elvét, és ennek alkalmazását aflatoxin B1 koncentrációjának mérésére¹³.



4. **Ábra.** Optikai hullámvezető fénymódus spektroszkópián (OWLS) alapuló immunszenzorok működési elve



5. **Ábra.** Aflatoxin B1 koncentrációjának meghatározása OWLS detektáláson alapuló immunszenzorral

3.1.3. Prionok, BSE

Az eddigi kutatási eredmények alapján legvalószínűbbnek tekinthető elmélet szerint fertőző természetű fehérjék: prionok (protein of infectious nature, proteinaceous infectious particles, rövidítve a PrP-k) váltják ki a kege marha kórt (Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE), amely emberre átjutva okozhatja a CJD betegséget. A fertőző prionok olyan kis molekulatömegű fehérjék, amelyek a beteg állatok (és az ember) idegsejtjeiben képződnek, s a közönséges PrP-ktől „csupán” néhány aminosavban, illetve a PrP-k megváltozott térszerkezetében különböznek egymástól. A fertőző prionokat a fehérjebontó enzimek nem képesek elbontani, ellenálló képességük igen nagy, fertőtlenítőszerrel nem tehetők ártalmatlanná, biztos elpusztításukhoz 133 °C-on legalább 20 percnyi hőkezelési időre van szükség. A fertőzés lehetőségének kizárása érdekében mindennemű állati eredetű fehérjetakarmány (húsliszt, vérliszt, csontliszt) behozatalát, továbbá ezen anyagok takarmányba való bekeverését és etetését megtiltották.

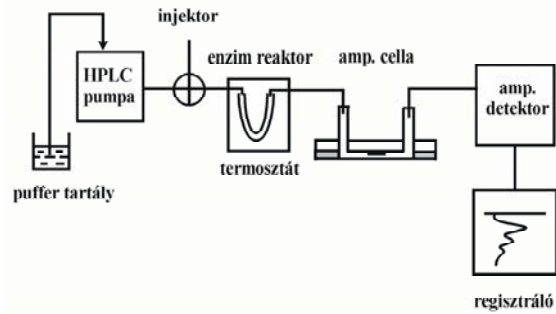
Mivel a prion viszonylag apró fehérje és kis mennyiségben van jelen, rendkívül nehéz a kimutatása. Megbízható megoldást erre elsősorban a Western Blot, illetve LIA (luminescence immunoassay) technika alkalmazása kínál²⁰. Számos affinitás alapú bioszenzort fejlesztettek ki, ilyen például: a fluorescein isotiocianáttal jelölt prion epitóp kompetitív meghatározása²¹, nanorészecskék felszínén rögzített fluoreszcens prion epitóp alkalmazása²², SPR felszínén rögzített antitesttel jelölésmentes eljárás²³.

3.2. Élelmiszerek természetes toxikus vegyületei

A sóska- és parajfélékben található oxálsav, a mandula és barackmag, valamint a csonthéjas gyümölcsökből készült gyümölcspálinkák ciánhidrogén- és metilalkoholtartalma, valamint a zöldségfélékben akumulálódó nitrátokból esetleg keletkező nitrózaminok közismerten veszélyt jelenthetnek az egészségre bizonyos koncentráció tartomány felett. Ezek mérése már régóta fontos részét képezi az élelmiszervizsgálatoknak.

A biogén aminok az élelmiszerek egy részének természetes alkotóelemei, fontos szerepet játszanak az aroma és ízanyagok kialakulásában. A biogén aminok mennyisége az élelmiszer frissességét, higiéniai állapotát, gyártási és tárolási körülményeit jelzi. A biogén aminok mérésére elsősorban a HPLC és OPLC technikákat alkalmazzák, de ELISA tesztek is bevezetésre kerültek, valamint enzim reakción alapuló bioszenzor kutatások is megindultak²⁴. A 6. ábra FIA rendszerbe illesztett diamino oxidáz enzim alapú bioszenzor működési elvét mutatja be, amelyet az összbiogén amin meghatározására használtak, mint romlásindikátor²⁵.

Az alkaloidok közül a burgonyában, különösen szélsőséges időjárási körülmények között a szolanin tartalom jelentősen megnövekedhet. Az étkezésre alkalmas burgonya szolanin tartalma nem haladhatja meg a 180 mg/kg-ot. A más alkaloidok közül a morfin, narkotin, tebain és kodein étkezési mákbán megengedhető mennyiségét rendelet írja elő, a morfin tartalma nem haladhatja meg a 30 mg/kg értéket.



6. Ábra. Enzim alapú amperometriás bioszenzor működési elve

Az alkaloidok meghatározására jól beváltak a különböző nagyhatékonyságú kromatográfiai módszerek^{26, 27}. A gyors vizsgálatok céljára ELISA tesztek, liposzómák tartalmazó fluoreszcenciás tesztet, kolinészteráz alapú FET-et és molekuláris meghatározáson alapuló amperometriás módosított elektródot is fejlesztettek^{28, 29}.

3.3. Vegyi szennyezettség

3.3.1. Toxikus fémek és elemek

Az ólom a talaj, a víz és a levegő közvetítésével jut a növényekre, az élelmiszer-nyersanyagokra. Az állati eredetű élelmiszerek – a tej kivételével – általában több ólmot tartalmaznak, mint a növények. Kadmiumot elsősorban a gabonafélék, zöldségek és a burgonya tartalmazza. Az arzén a bioszférában természetesen lejátszódó metabolikus folyamatok eredményeként különböző szerves és szervetlen formában fordul elő az egyes élelmiszerekben. A szervetlen arzéntrioxid közismert mérge, a metilált formának (pl. dimetil-arszénát) azonban kicsi az akut toxicitása, míg a halakban és rákfélékben előforduló legfontosabb arzénvegyület, az arsenobetain, nem tekinthető toxikusnak. Leggyakrabban az ivóvízből, gombákból, rizsből kerül az emberi szervezetbe. Higanyt, illetve higanyvegyületeket sokféle célra használnak, többek között fungicidek és csávázószerre, egyes gyógyszerek és kozmetikumok hatóanyagaként. Az élelmiszerek közül a zöldségfélékben és a burgonyában általában csak 1-2 g/kg, a gabonafélékben 5-6 mg/kg, a húsookban 6-15 mg/kg, a halakban olykor 20-2000 mg/kg higany található.

A fémtartalmú anyagok vizsgálatánál a szerves anyagok eliminálása után a fémtartalom meghatározására az élelmiszerek döntő többségénél az atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) eljárás különféle technikáit alkalmazzák, így a fémek oldatának lángba porlasztását, lángmentes hideggőzös eljárást, vagy grafitkátyhában történő atomizálást. Korszerű vizsgálati eljárás az induktívan kapcsolt plazmaemissziós spektroszkópia (ICP), amely MS detektorral összekapcsolva még szelektívebb és pontosabbá tehető. Az egyes elemek oxidációs formáinak, illetve a különböző szerves molekulákhoz való kapcsolódásának fontos szerepe van a toxicitás megítélésében, ezért napjainkban széles körben terjednek a különböző technikák összekapcsolásával végezhető speciációs vizsgálatok. A minták extrahálásakor és szeparációjakor ügyelni kell arra, hogy az egyes molekulák megtartsák kémiai integritásukat

(pl. fémionok oxidációs foka, szerves molekulák összetétele). A minta előkészítéshez enzimés emésztést, ioncserélő oszlopot, ionpár kromatográfiát, szuperkritikus folyadék extrakciót, szilárd fázisú extrakciót alkalmaznak ^{30, 31, 32}.

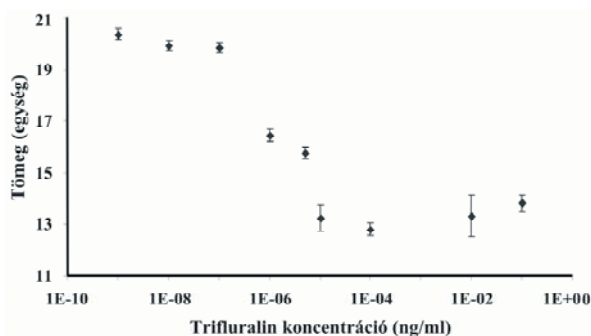
3.3.2. Radioaktív anyagok

Az általuk okozott szennyezettsége az élelmiszereknek normál körülmények között minimális. Közvetlenül egy baleset vagy kibocsátás után elsősorban a tej és tejtermékek, továbbá a leveles zöldségek és bogyósgyümölcsök jódt-131 izotóp tartalma, később a radioaktív cézium és stroncium izotópok (Cs-134, Cs-137, Sr-90) koncentrációja jelzi a szennyeződés mértékét. Kimutatásukra többek között folyadék szcintillációs méréseket ³³, β - és γ -spektroszkópiát ³⁴ alkalmaznak.

3.3.3. Szermaradványok (növényvédő szer, rovarirtó, műtrágya), antibiotikumok

Rendkívül sokféle vegyületcsoport, melyek számát lényegesen növeli, hogy a növényben, növényi termékben, illetve a környezetben kimutatható ezek bomlás-, illetve reakcióterméke is.

Az állatgyógyszerek révén az állati eredetű élelmiszerekkel az emberi szervezetbe jutó maradékok allergiát, enzim defektust, baktérium rezisztenciát okozhatnak, károsíthatják a vérképzőrendszert, rákkeltő, mutagén, teratogén stb. hatást válthatnak ki. Ezért igen fontos pl. a tej és tejtermékek antibiotikum-tartalmának vizsgálata.



7. Ábra. Trifluralin növényvédő szermaradvány koncentrációjának meghatározása OWLS detektáláson alapuló immunszenzorral

A szermaradványok vizsgálata igen szerteágazó analitikai feladat, bizonyos csoportok közös meghatározására fejlesztettek ki eljárásokat, elsősorban TLC, HPTLC, SPME/GC/MS, ECD, LC/MS, APCI, PI, MS/MS módszereket ^{35, 10, 36}. Ionszelektív elektródot, elektrokémiai bioszenzorokat fejlesztettek ki, amelyekkel a biokémiai reakciók gátlása alapján lehet következtetni már igen kis koncentrációjú szermaradvány jelenlétére (26 nM carbaryl, 0,6 mM fenithrothion ³⁹, 1-2 ill. 0,1 ng/ml atrazin, szimazin ⁴⁰, 5ng/g inszekticid ⁴¹). Számos ELISA eljárás ³⁷ és jelölésmentes immunanalitikai eljárás is kifejlesztésre került SPR (1 ng/ml triazin ⁴², 2,6 ng/g penicillin G ⁴³), vagy QCM detektálással ⁴⁴. A 7. ábra a trifluralin növényvédőszer bioszenzorral történő mérését mutatja be OWLS detektálás alkalmazásával ³⁸.

3.3.4. Ipari szerves szennyezők

A levegőben lévő füstgázokból, porból, koromból, kipufogó gázokból a növényi élelmiszerek felületére rakódott policiklusos aromás szénhidrogén vegyületek (PAH-ok) a vegetációs időszak alatt lassan beleoldódnak a zöldség-, gyümölcs- és gabonafélék külső viaszrétegébe, vizes mosással nem távolíthatók el. A közel 200féle anyag legfontosabb képviselője, a 3,4-benzpirén erősen rákkeltő. A PAH alapvegyületeken kívül mintegy 1000 derivált vegyület jelenlétével is számolni kell, ezek egyrésze karcinogén.

A poliklórozott bifenilek (PCB-k) valamint a dioxinok (poliklórozott dibenzo-para-dioxinok (PCDD-k) és poliklórozott-dibenzofuránok (PCDF-k) hosszú ideig megmaradnak mind a környezetben, mind az élő szervezetekben, erősen lipofil vegyületek, a táplálékláncban át feldúsulnak, a zsírszövetben raktározódnak, így elsősorban édesvízi halakban, húspan, tejben, tejtermékekben, tojásban található. Az élelmiszerekben a dioxinok rendszerint a PCB-kel együtt fordulnak elő.

A PAH-ok, PCB-k, PCDD-k élelmiszerekben való meghatározásának legfontosabb feltétele a megfelelő mintaelőkészítés, extrakció és elválasztás, az előkészített mintákat elsősorban GC-vel és HPLC-vel vizsgálják, MS, elektronbefogásos (ECD), többdimenziós GC-t (MDGC), atom emissziós (AED) detektorokat alkalmazva ^{45, 46}. Utóbbi időben egyre több RIA (0,01 mg/kg PCB ⁴⁷), ELISA eljárást (0,1-50 ppm PCB ⁴⁸), biológiai folyamatok gátlásán alapuló bioszenzorokat ⁴⁸, valamint gyors ellenőrzésre immuneszt csíkot ⁴⁵ fejlesztettek ki.

3.3.5. Élelmiszerfeldolgozás során keletkező toxikus anyagok

Egyes élelmiszerekben megtalálható a ditiokarbamát típusú fungicid növényvédőszer bomlásterméke, az etiléntiourea (ETU), amely rákkeltő hatású. Főzés hatására az ETU tartalom növekszik, ezért, mivel a ditiokarbamátokat gyakran használják komló kezelésére elsősorban sörben kell ETU maradékot ellenőrizni. Nitrózaminok a nitritek és tercier aminok reakciója során keletkeznek. Ez a reakció végbemehet a nitrátot vagy nitrítet és amin forrást (fehérje) tartalmazó élelmiszerben (pácolt húsok, sör). A klórpropanolok, ezeken belül is elsősorban a 3-monoklóropropán-1,2-diol (3-MCPD) és a 1,3-diklór-2-propanol (1,3-DCP) bizonyos élelmiszer típusokban keletkezik, zsiradék és klór reakciója következtében. Leggyakrabban a sósavval hidrolizált növényi fehérjékben (HVP), és a savas körülmények között fermentált szójaszószban lehet kimutatni, de kisebb mennyiségben találtak már kenyerekben, szalámiokban is. Elsősorban nagyobb keményítő tartalmú és magasabb hőmérsékleten kezelt élelmiszerekben (burgonya) akrilamid keletkezhet. A reakció mechanizmusa még nem ismert, azt viszont bizonyították, hogy csak a 120 °C felett készített élelmiszerekben keletkezik akrilamid.

Az említett szennyezők meghatározására általában HPLC, HPLC-MS és GC-MS módszereket dolgoztak ki ^{49, 50}.

3.3.6. Élelmiszeripari adalékanyagok

Ebbe a csoportba tartoznak az élelmiszer színezékek, az antioxidánsok (aszcorbinsav, BHT, BHA, gallátok, tokoferol, borkósav, citromsav, foszforsav, tejsav), a tartósítószer (konyhasó, cukor, alkohol, ecetsav, tejsav), a mesterséges édesítőszer (szacharin, ciklamát, aszpartám, aceszulfám-K, taumatini, neoheszperidin DC), az állományjavító, valamint a természetes és mesterséges aromák.

Vizsgálatuk az érvényes hazai és nemzetközi szabványok szerint történik. Az aroma vizsgálatokat jelentősen megkönnyítette a szilárd fázisú mikroextrakció (SPME) kidolgozása és elterjedése, majd a GC-MS alkalmazása⁵¹. Több szerző beszámol az elektronikus orr és nyelv berendezés kifejlesztéséről és sikeres alkalmazásáról, amellyel például sajtok érettsége, borok aromája gyorsan ellenőrizhető⁵².

3.4. Transzgenikus, génmódosított (GM) élelmiszerek

GM élelmiszerek közé a közvetlenül élelmiszerként történő felhasználásra szánt genetikusan módosított szervezeteket (GMO-kat), az azokat tartalmazó vagy azokból előállított élelmiszereket soroljuk. A GM élelmiszereknél az elvárt pozitív változások mellett azonban számos új hatással is számolni kell, pl. az idegen génről olyan fehérje íródik át, amelyet a szervezet eredetileg nem tartalmazott, és ez a fehérje lehet toxikus vagy allergén, antibiotikum rezisztenciáért felelős gének átjuthatnak emberbe, állatba. Különösen nagy jelentősége van a „nyomonkövethetőség” megkövetelésének, hogy a GMO-kat vagy a GMO-ból előállított termékeket az előállítási és értékesítési láncokon keresztül, forgalomba hozataluk minden szakaszában követni lehessen.

A GMO-t tartalmazó élelmiszerek vizsgálatánál két irányban folynak a kutatások, a fehérjék meghatározására, illetve az ismert promotor DNS szakaszok meghatározására fejlesztettek ki eljárásokat⁵³. A fehérjék vizsgálatánál elsősorban az ELISA módszerek és a Western blot terjedt el, de immunteszt csíkot is forgalmaznak gyorsmérésekre⁵⁴. A beépített génszakasz által termelt új fehérjék gyors vizsgálatára biochipek, microarray-k alkalmazása lehetséges. A DNS alapú eljárások között említhetjük a Southern blotot, a polimeráz láncreakción alapuló (PCR) és real-time PCR módszereket⁵⁵. Többféle ismert génszakasz gyors meghatározását teszi lehetővé a multiplex PCR⁵⁶.

4. Összefoglalás

Jelen közleményben bemutatott nagyhatékonyságú mérés technikák mutatják, hogy az élelmiszeranalitika legújabb eredményei jelentősen hozzájárulnak az élelmiszerbiztonság és –minőség követelményeinek teljesítéséhez, elősegítik a kockázatelemzés elvégzését és ezáltal a fogyasztók egészségének védelmét.

A módszerfejlesztések során elért alapvető eredmények fokozatosan kerülnek át az élelmiszervizsgáló rutinlaboratóriumokba, miután nemzetközi szervezetek (ISO, AOAC, FAO/WHO Codex Alimentarius, stb.) elfogadták ezeket, és nemzetközi körvizsgálatok bizonyították alkalmazhatóságukat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki Adányiné dr. Kisbocskói Nórának a közlemény összeállításában nyújtott segítségével. Továbbá köszönöm az Országos Tudományos Kutatási Alap (T 046402) támogatását.

Hivatkozások

1. FAO FOOD AND NUTRITION PAPER 76. 2004 Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems
2. Sippy, N.; Luxton, R. Lewis, R.J.; Cowell, D.C. *Biosens Bioelectron* **2003**, *18*, 741-749.
3. Carnes E.; Wilkins E. *American J Appl Sci* **2005**, *2*, 607-613.
4. Grow, A.E.; Wood, L.L.; Claycomb, J.L.; Thompson, P.A. *J Microbiol Meth* **2003**, *53*, 221-233.
5. Leonard, P.; Hearty, S.; Brennan J.; Dunne, L.; Quinn J.; Chakraborty, T.; O'Kennedy R. *Enzyme Microb Tech* **2003**, *32*, 3-13.
6. Adányi, N.; Váradi, M.; Kim, N.; Szendrő, I. *Curr Appl Phys* **2005**, (in press).
7. Sohár, P.; Varga, I. In. *Élelmiszerbiztonság és táplálkozás-egészségügy*; Rodler, I. Ed. OKK OÉTI, Bp. **2003**, pp 215-227.
8. Whitaker, T.B. *Mol Biotechnol.* **2003**, *23*, 61-71.
9. Pena, R.; Alcaraz, M.C.; Arce, L.; Rios, A.; Valcarcel, M. *J Chromatogr A.* **2002**, *967*, 303-314.
10. Sherma, J. *J Chromatogr A* **2000**, *880*, 129-147
11. Nasir, M. S.; Jolley, M. E. *Comb Chem High Th Scr* **2003**, *6*, 267-273.
12. Ho, J. A. A.; Wauchope, R. D. *Anal Chem.* **2002**, *74*, 1493-1496.
13. Adányi, N.; Levkovets, I.A.; Rodriguez-Gil, S.; Szendrő, I.; Ronald, A.; Váradi, M. *The 8. World Congress on Biosensors, Granada 2004*, Abstract book, P.2.4.55.
14. Stroka, J.; von Holst, C.; Anklam, E.; Reutter, M. *J AOAC Int.* **2003**, *86*, 1179-1186.
15. Daly, S.J.; Keating, G.J.; Dillon, P.P.; Manning, B.M.; O'Kennedy, R.; Lee, H. A.; Morgan, M.R.A. *J AgrFood Chem* **2000**, *48*, 5097-5104.
16. Korde, A.; Pandey, U.; Banerjee, S.; Sarma, H.D.; Hajare, S.; Venkatesh, M.; Sharma, A.K.; Pillai, M.R.. *J Agr Food Chem.* **2003**, *51*, 843-846.
17. Lipigorngoson, S.; Limtrakul, P.; Suttajit, M.; Yoshizawa, T. *Food Addit Contam* **2003**, *20*, 838-845.
18. van der Gaag, B.; Spath, S.; Dietrich, H.; Stigter, E.; Boonzaaijer, G.; van Osenbruggen, T.; Koopal, K. *Food Control* **2003**, *14*, 251-254.
19. Huebner, H.J.; Phillips, T.D. *JAOAC Int.* **2003**, *86*, 534-539.
20. Nunnally, B.K. *Trends Anal Chem* **2002**, *21*, 82-88.
21. Anand, A.; Moreira, R.; Henry, J.; Chowdhury, M.; Coté, G.; Good, T. *Lebensm-Wiss Technol* **2005**, Available online
22. Moreira, R.; Good, T. *Anal Biochem* **2004**, *334*, 1-8.
23. Luck, L.A.; Moravan, M.J.; Garland, J.E.; Salopek-Sondi, B.; Roy, D. *Biosens Bioelectron* **2003**, *19*, 249-259
24. Tombelli, S.; Mascini, M. *Anal Chim Acta* **1998**, *358*, 277-284.
25. Váradi, M.; Adányi, N.; Kiss, J.; Sass-Kiss, Á. *CEFood Congress, Budapest 2004*, Congress proc. (CD) P-S-63.
26. Zywicki, B.; Catchpole, G.; Draper J.; Fiehn, O. *Anal Biochem* **2005**, *336*, 178-186.
27. Edwards, S.R.; Smith, M.T. *J Chromatogr B* **2005**, *814*, 241-249.
28. Friedman, M. *J Chromatogr A* **2004**, *1054*, 143-155.
29. Bacigalupo, M.A.; Longhi, R.; Meroni, G. *J Food Compos Anal* **2004**, *17*, 665-673.
30. Gomez-Ariza, J.L.; Morales, E.; Giraldez, I.; Sanchez-Rodas, D.; Velasco, A. *J Chromatogr A* **2001**, *938*, 211-224.

31. Kaniansky, D.; Masar, M.; Marak, J.; Bodor R. *J Chromatogr A* **1999**, *834*, 133-178
32. Rosenberg, E. *J Chromatogr A* **2003**, *1000*, 841-889.
33. Schönhofer, F. *Sci Total Environ* **1995**, *173-174*, 29-40.
34. Beljaars, P.R.; van Dijk, R.; Geertsen, J.A.M.; Nootenboom, H. *JAOAC Int* **1997**, *80*, 545-548.
35. Kataoka, H.; Heather, L.L.; Pawliszyn, J. *J Chromatogr A* **2000**, *880*, 35-62
36. Stajnbaher, D.; Zupancic-Kralj, L. *J Chromatogr A* **2003**, *1015*, 185-198.
37. Franek M.; Hruska K. *Vet Med Czech* **2005**, *50*, 1-10.
38. Székács, A.; Trummer, N.; Adányi, N.; Váradi, M.; Szendrő, I. *Anal. Chim. Acta* **2003**, *487*, 31-42
39. Solná, R.; Sapelnikova, S.; Skládal, P.; Winther-Nielsen, M.; Carlsson, C.; Emnéus J.; Ruzgas T. *Talanta* **2005**, *65*, 349-357.
40. Yulaev, M.F.; Sittikov, R.A.; Dmitrieva, N.M.; Yaznina, E.V.; Zherdev, A.V.; Dzantiev, B.B. *Sensor Actuat B* **2001**, *75*, 129-135.
41. Schulze H.; Schmid R.D.; Bachmann, T.T. *Anal Bioanal Chem* **2002**, *372*, 268-272.
42. Nakamura, C.; Hasegawa, M.; Nakamura, N.; Miyake, J. *Biosens Bioelectron.* **2003**, *18*, 599-603.
43. Gustavsson, E.; Bjurling, P.; Sternesjö Å. *Anal Chim Acta* **2002**, *468*, 153-159.
44. Park, I.S.; Kim, D.K.; Adanyi, N.; Varadi, M.; Kim, N. *Biosens Bioelectron* **2004**, *19*, 667-674.
45. Ahmed, F. E. *Trends Anal Chem* **2003**, *22*, 170-185.
46. Stolyhwo, A.; Sikorski, Z.E. *Food Chem* **2005**, *91*, 303-311.
47. Sisak, M.; Franek, K.; Hruska, K. *Anal Chim Acta* **1995**, *311*, 415-422.
48. Björklund, E.; von Holst, C.; Anklam, E. *Trends Anal Chem* **2002**, *21*, 40-53.
49. Garcinuno, R.M. Ramos, L. Fernández-Hernando P. Cámara C. *J Chromatogr A* **2004**, *1043*, 35-41.
50. Pittet, A.; Périsset, A.; Oberson, J. M. *J Chromatogr A* **2004**, *1035*, 123-130.
51. Ferreira, V.; Jarauta, I.; López R.; Cacho J. *J Chromatogr A* **2003**, *1010*, 95-103.
52. Di Natale, C.; Paolesse, R.; Macagnano, A.; Mantini, A.; D'Amico, A.; Legin, A.; Lvova, L.; Rudnitskaya A.; Vlasov Y. *Sensor Actuat B-Chem* **2000**, *64*, 15-21.
53. Ahmed, F.E. *Trends Biotechnol* **2002**, *20*, 215-223.
54. Stave, J.W. *Food Control* **1999**, *10*, 367-374.
55. Brett, G.M.; Chambers, S.J.; Huang, L.; Morgan M.R.A. *Food Control* **1999**, *10*, 401-406.
56. Forte, V.T.; Di Pinto, A.; Martino, C.; Tantillo, G.M.; Grasso, G.; Schena, F.P. *Food Control* **2005**, *16*, 535-539.

Challenges of food safety and quality in food analysis

Nowadays, food safety and quality have become the centre of interest all over the world. New advances of medicinal sciences, biology, chemistry and physics presented the opportunity to know better and better the positive and negative effects of foods consumed by humans. Health hazards originating from food can be judged by risk assessment. Risk assessment cannot be done without such analytical methods, which insure the highly sensitive (ppm, ppb) and selective measurement of substances/components to be determined as well as rapid provision of results. In many cases, traditional analytical methods cannot be applied for developing quality assurance systems. Besides the modern food analytical methods such as high performance liquid chromatography (HPLC), gas chromatography (GC), mass spectrometry (MS), HPLC-MS, GC-MS, atomic and molecular spectroscopy, nuclear magnetic resonance (NMR) etc., different biological and molecular biological methods come into prominence more and more, namely different types of biosensors, enzyme-based sensors, immunosensors, affinity sensors, complemented by other immunoanalytical methods, as well as DNA chips.

The paper gives a brief survey of the factors, which involve some risks for the human health by the consumption of food. The most frequently applied analytical methods for determination of potentially dangerous compounds are summarized. New techniques such as enzyme-based biosensors, immunosensors, and label-free detection technique quartz-crystal microbalance (QCM) and optical waveguide lightmode spectroscopy (OWLS) are demonstrated.

In recent years, immunosensors for the detection of biological contamination like bacterial infections as well as micotoxins produced by moulds have been developed. Determination of *E. Coli* has been performed by QCM sensor in the 2.3×10^6 and 8.7×10^7 CFU/ml range. Immunosensor based on optical waveguide lightmode spectroscopy has been applied for the measurement of different toxins. For Aflatoxin B1, 10-3 ng/ml detection limit has been attained by the authors.

Measurement of natural toxins in foods has long been an important part of food analyses. For this purpose different high performance chromatographic methods have been proven very useful. Besides these methods, ELISA tests have been introduced and biosensor

research activities based on enzyme reactions also got under way. Thus, a biosensor has been developed based on diamino oxidase enzyme and applied by the authors in an FIA system and for serial measurement of total biogenic amines.

As for chemical contamination, toxic metals and elements, industrial organic contaminants (polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, dioxins and polychlorinated dibenzofurans) should be mentioned. For the analysis of metals different methods of atomic absorption spectroscopy and the inductively coupled plasma emission spectroscopy provide adequate sensitivity. For the determination of industrial organic contaminants, GC and HPLC instruments with various detectors have become common.

Measurement of chemical residues such as those of herbicides, insecticides and artificial fertilisers require highly sensitive analytical techniques. Apart from diverse coupled techniques, numerous ELISA and label-free immunoanalytical methods have been elaborated as well. The authors have reported on the development of an immunosensor capable of measuring trifluralin. With OWLS detection, 10-6 ng/ml lower detection limit has been achieved.

Health impairing and toxic materials are also produced in the course of food processing. In addition, unit operations machinery and packaging materials can contaminate foods with toxic substances as well. Analysis of various additives (colourants, antioxidants, preservatives, artificial sweeteners, texture enhancers) as well as natural and artificial aromas is significant, too. A number of authors have reported on the successful application of electronic nose or tongue, primarily for aromas. Nowadays, one of the most important challenges for those in food analytics is the investigation of transgenic and genetically modified (GM) foods. Methods development has been pursued in two directions; namely, determination of protein or DNA segments. The high performance measurement techniques introduced in this article demonstrate that the latest results of food analysis significantly contribute to complying with the requirements of food safety and quality, facilitate risk analysis and thereby protection of consumer health.