



Tömösköziné Farkas Rita – Berki Mária – Kónya Éva
– Nagyné Gasztonyi Magdolna – Zalán Zsolt – Adányiné Kisbocskói Nóra

■ Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet

Bioaktív molekulákra alapozott kutatások a NAIK ÉKI-ben

Első rész

Metabolitok vizsgálata

A 2014. január 1-vel megalakult Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) egyik kutatóintézeteként működő Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet (ÉKI) jogelődjét, a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézetet (KÉKI) 1959. július 1-jén alapították a magyar élelmiszeripar fellendítésére, a Magyar Királyi Mezőgazdasági Növénytan és Szőlészeti Intézet II. világháborúban lebombázott, majd helyreállított budapesti, Herman Ottó úti telephelyén.

Kezdetben az intézet fő kutatási területe az élelmiszer-tartósítási technológiák tudományos megalapozása, az antimikrobás hatásokat befolyásoló fizikai és kémiai tényezők mechanizmusának feltárása volt. Vizsgálták különböző mikrobaeredetű enzimkészítmények előállításának és élelmiszeripari alkalmazásának lehetőségeit. Jelentős eredményeket értek el egyes élelmiszer-mikrobiológiai és -analitikai vizsgálati módszerek fejlesztése területén. A '80-as években kezdődött az élelmiszerekben egészségügyi kockázatot jelentő összetevők (például allergének), valamint a növényi zsírok enzimatis oxidációjának vizsgálata, a bioszenzorok kutatása, a nagy biológiai értékű gyümölcs- és zöldségek fejlesztése, bioaktív vegyületek fermentációs előállítása, a membránseparációs kutatások, dielektromos technikák alkalmazása.

Az élelmiszeripar átalakulása, privatizációja és az élelmiszer-tudomány új kihívásai, az élelmiszer-biztonság jelentőségének felismerése nyomán az intézet feladatai is igazodtak a megváltozott feltételekhez. Az utóbbi években az intézetben folyó kutatások, kísérleti fejlesztések a korszerű élelmiszer-előállítás tudományos megalapozását célozzák, különös tekintettel az élelmiszer-biztonság és a korszerű táplálkozás igényeire, a környezetkímélő és energiatakarékos technológiák, valamint a fogyasztók egészségvédelmének kérdéseire. A fenti célok megvalósítása érdekében az intézet kutatói évtizedek óta együttműködnek a hazai nemesítőkkel, társ-kutatóintézetekkel és a feldolgozóipar képviselőivel, hogy minél egészségesebb és biztonságos élelmiszer kerüljön a fogyasztók asztalára.

Az intézetben folyó kutatások és fejlesztések eredményeinek teljes körű bemutatása lehetetlen a rendelkezésünkre álló terjedelemben. Két részből álló cikkünk első részében az élelmiszerekben és élelmiszeripari alapanyagokban található metabolitok kutatására korlátozzuk összefoglalónkat (a második rész a lap későbbi számában jelenik meg).

A nemesítés hatása

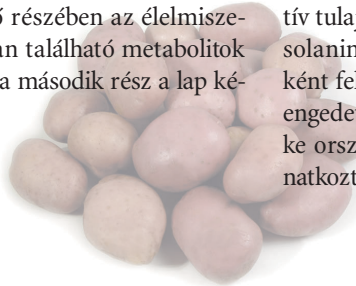
a növényi metabolitok összetételére

Az élelmiszereket alkotó főbb makroösszetevők, mint a szénhidrátok, fehérjék, zsírok mellett számos olyan kis mennyiségben előforduló alkotója is van mindennapi táplálékunknak, amelyeknek a biológiai aktivitása igen jelentős. Elég a vitaminokra, hormon-, antinutritív hatású vegyületekre vagy az alkaloidokra gondolni, hogy belássuk, az élelmiszerekben található kisméretű elsődleges és másodlagos metabolitok, esetleges szennyeződések vizsgálata kiemelkedő fontosságú. Ezek a vegyületek nem csupán a fogyasztók számára lényegesek, elsődlegesen a növények életani folyamataiban játszanak fontos szerepet, és számos olyan biotikus és abiotikus tényező hat a mennyiségükre és egymáshoz viszonyított arányukra, amelyeket a növénytermesztésnél, nemesítésnél és feldolgozásnál mi magunk is befolyásolhatunk, de a szárazság vagy hő okozta stressz, bakteriális vagy gombás fertőzések szintén hatással vannak rájuk. Az éghajlatváltozás, az új kórokozók megjelenése és elterjedése újabb növényfajták nemesítésére, növényvédelmi módszerek kidolgozására, tárolási és feldolgozási technológiák fejlesztésére készítetik a kutatókat, amelyek mind hatással vannak szántóföldi növényeink és a gyümölcsök makro- és mikroösszetételére.

Hazai nemesítésű burgonyafajták (*Solanum tuberosum* L.)

A növénytermesztés iránya az elmúlt évtizedekben nagy változáson ment keresztül. A magas terméshozam, a kiváló technológiai tulajdonságok mellett előtérbe kerültek a különböző betegségekkel szemben ellenálló, multirezisztens fajták előállítását célzó programok. Napjainkban egyre fontosabbá vált az egészségre pozitív hatású mikrokomponensek mennyiségének növelése az új fajtákban és fajtajelöltekben.

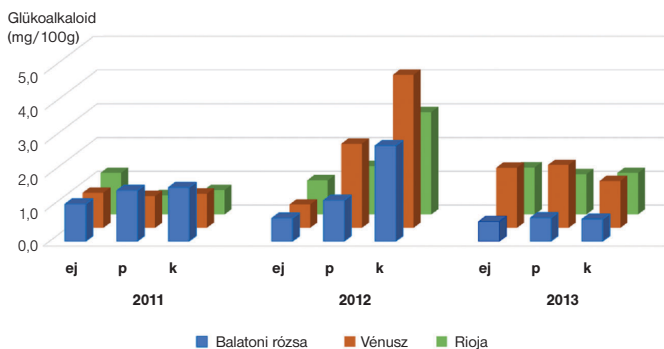
A Keszthelyi Burgonyakutatói Központtal a rezisztenciánemesítésből kikerült burgonyafajták és fajtajelöltek több összetevőjét is vizsgáltuk közel egy évtizeden keresztül. A burgonya védekezőmechanizmusában szerepet játszó, ugyanakkor antinutritív tulajdonságú összetevői a szteránvázis glükokaloidok, az α -solanin és az α -chaconin. A nemesítés során genetikai forrásként felhasznált vad burgonyafajtákban ezek mennyisége a megengedett határérték több százszorosa is lehet, amelynek az értéke országonként változó, 180–250 mg/kg nyers burgonyára vonatkoztatva [1,2]. Az alkaloidok képződése a gumókban több gén





által szabályozott folyamat, a genotípuson kívül a termesztés és a tárolás során több faktor befolyásolja a mennyiségét (pl. az évszámot, abiotikus és biotikus stresszhatások, a tárolás körülményei stb.).

Az 1. ábra egy többéves vizsgálatsorozat eredményét foglalja össze, ahol három multirezisztens, átlagos alkaloidtartalmú fajta



1. ábra. Hazai nemesítésű burgonyafajták (Balatoni Rózsza, Vénusz, Rioja) alkaloidkoncentrációja (mg/g) az évszámot és a növényvédelem függvényében

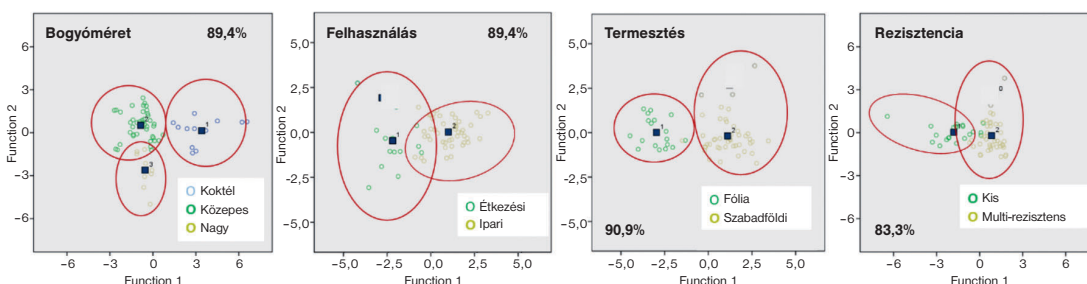
(ej: előrejelzésen alapuló, p: programozott, k: kontroll)

burgonyavész elleni védekezését tesztelték különböző termesztési technológia mellett. Két, a burgonya szempontjából ideális időjárásának számító évszámot nem tapasztaltunk különbséget a különböző csoportok között. A harmadik évben, amikor az időjárás a fertőzéseknek kedvezett, a nem permetezett növények gumóiban szignifikánsan magasabb volt az alkaloidok mennyisége, míg az előrejelzésen alapuló növényvédelem hatására – a legkisebb stresszhatás miatt – volt a legalacsonyabb az alkaloidok koncentrációja. A mért összes alkaloidkoncentráció mindhárom fajta esetén az EU által előírt határértéken belül volt, de egy eleve magasabb alkaloidtartalmú fajta stresszkörülmények között már termelhet toxikus mennyiségű alkaloidot [3].

Paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) vizsgálata

A *Solanaceae* család másik képviselője a paradicsom (*Solanum lycopersicum*), amely Magyarországon és világ szinten is a legnagyobb mennyiségben termesztett frissen fogyasztható zöldségféle, igen gazdag bioaktív komponensekben. Az elmúlt években egyre fontosabb szempont, hogy az új fajták minél gazdagabbak legyenek likopinban, amely a paradicsom fő karotinoid-összetevője, és laboratóriumi és klinikai vizsgálatokban bizonyítottan rákellenes hatású [4, 5].

A fajták és fajtajelöltek metabolitvizsgálata során jelentős különbségek mutatkoztak a termesztési mód tekintetében [6]. A szabadföldi minták szignifikánsan több C-vitamint és fenolos vegyületeket tartalmaztak, valamint antioxidánskapacitásuk is nagyobb értéket mutatott a fóliás termesztésű mintákhoz képest.



2. ábra. Paradicsomfajták metabolitvizsgálatának diszkriminancia-analízise

Az étkezési és az ipari felhasználásra szánt paradicsomok között az E-vitamin és összes polifenoltartalomban találtunk szignifikáns különbséget. A bogyóméret alapján történő csoportalkotásban a 30 g átlagos tömeg alatti minták szignifikánsan több C-vitamint és összes polifenolt tartalmaztak. A kis rezisztenciával rendelkező paradicsomfajtákban szignifikánsan nagyobb az összes polifenol és a fenolos vegyületek koncentrációja. Az összes metabolit vizsgálati eredményének felhasználásával diszkriminancia-analízist végeztünk, amely során a minták 80–98%-a helyesen került a megfelelő csoportba. A különböző méretű gyümölcsök esetén a héj/hús arány határozza meg a metabolitok összetételét, illetve az évszámot és a szabadföldi/üvegházi termesztés hatása is hasonló. Vizsgálatainkkal elsőként igazoltuk, hogy a fajták és fajtajelöltek rezisztenciafoka szignifikánsan befolyásolta a metabolit-összetételt, amint a 2. ábrán is látható.

Fűszerpaprika-őrlemények eredetének vizsgálata kémiai jellemzőik alapján

Szintén a *Solanaceae* család tagja a hungarikumnak számító fűszerpaprika, amely vizsgálata több évtizedre nyúlik vissza az ÉKI-ben. Az utóbbi időben a fűszerpaprika termékklán vizsgálata, biztonságosabbá tétele érdekében, a különböző eredetű és minőségű fűszerpaprika-őrlemények közötti legfontosabb különbségek feltárására és származás szerinti megkülönböztetésére végeztünk kutatásokat [7]. A fűszerpaprika-őrlemény, mint a magyar konyha egyik fő fűszere, számos hamisítási botrány áldozata volt. Minőségi és élelmiszer-biztonsági szempontból is fontos a termék eredetének vizsgálata, az import termékek bekeverésének igazolása, jelölése. A vizsgált paraméterek összehasonlítása során nem találtunk egyértelmű összefüggést a biológiailag aktív komponensek koncentrációja és a származási hely között, ugyanakkor néhányuk eredetjelzőnek bizonyult. A karotinoid-komponensek közül a kapszantin-diészter/szabad kapszantin arány utalhat a fűszerpaprika-minták eredetére, az adott ország éghajlatától függően. A különböző eredetű mintákra számított kapszantin-diészter/szabad kapszantin arányok átlagértékei a következők voltak: szerb: 4,0; magyar: 5,3; spanyol: 8,1; bolgár: 8,2; kínai: 17,1; perui: 22,0. A magyar (252–3097 µg/g) és a szerb paprikák (485–2422 µg/g) C-vitamin-koncentrációja volt a legmagasabb, ami a fűszerpaprika betakarítási gyakorlatának, gyártási technológiájának és tárolási paramétereknek köszönhető. A fűszerpaprika héjában és magjában található α- és γ-tokoferolok – amelyek a zsírok-olajok avasodását gátolják és a színanyagok stabilitását biztosítják – koncentrációja a magyar és a kínai paprikákban volt a legnagyobb (309–610 µg/g, illetve 327–529 µg/g).

A fűszerpaprika-őrleményben előforduló illékony aromakomponensek vizsgálatakor az adott származási helyre jellemző aromakomponenseket is kimutattunk. Csak a magyar paprika tartalmazta a 3-hidroxi-2-butanont és a 6-metil-5-heptén-2-ont. A szerb mintákra jellemző az α-terpinolén, az 1-fellandré és a heptadekánsav megjelenése. A linaloolt a spanyol paprikákban



detektáltuk, az 1,3-butándiol és a δ 3-karén vegyületeket pedig a kínai mintákban. Kizárólag a bolgár örlemények tartalmazták a 2-pentil-furánt, az oktadekánsav-metil-észtert és az (+)-aromadendrén, míg a geranil-aceton megjelenése a perui mintákra volt jellemző.



Dió (*Juglans regia*) vizsgálata

A magyar nemesítésű diófajták rendelkeznek a legkorábbi érési idővel a Föld északi féltekéjén, beltartalmi értéküknek köszönhetően prémium minőséget képviselnek az európai piacokon. A dió nemesítése 1950 óta folyik a NAIK Gyümölcsstermesztési Kutatóintézetében (GyKI), ahol a kései fakadási idővel rendelkező, nagymértékű oldalrügjön termő, jó héjas és belsajátosságokkal rendelkező, a dió gnomóniás és xantomónászos betegségével, illetve az aboitikus tényezőkkel (téli és tavaszi fagyok, szárazság) szemben toleráns genotípusok előállítása a főbb nemesítési cél. A hagyományos magyar fajtákat a beltartalmi paraméterek alapján a legfontosabb külföldi fajtákkal is összehasonlítottuk [8]. Különböző fajták zsírsavösszetételének, antioxidánskapacitásának változását vizsgáltuk az érési állapot, a szárítási mód és a tárolás idő függvényében. A fajták zsírsavösszetételét tekintve, a többszörösen telítetlen zsírsav nagyobb mennyisége (pl. Chandler fajta) az avasodási tulajdonságot negatívan befolyásolta, ezekben a mintákban az antioxidáns kapacitása is alacsonyabb volt. Az antioxidatív tulajdonságok vizsgálatának eredményei azt mutatták, hogy a friss mintákhoz képest a szárított minták értékei magasabbak, de ez a tárolás során csökken. Az antioxidánskapacitás-értékek arányosak az avasodási idővel. A meleg, illetve hideg levegős szárítási mód hatása néhány vizsgált paraméter esetén mutatott jelentősebb eltérést, de ezek sem egy-egy paramétert tekintve, sem pedig a két fajta között nem szignifikánsak.

Kutatási eredményeink az élelmiszer-biztonság megteremtése érdekében

Mikotoxinok vizsgálata

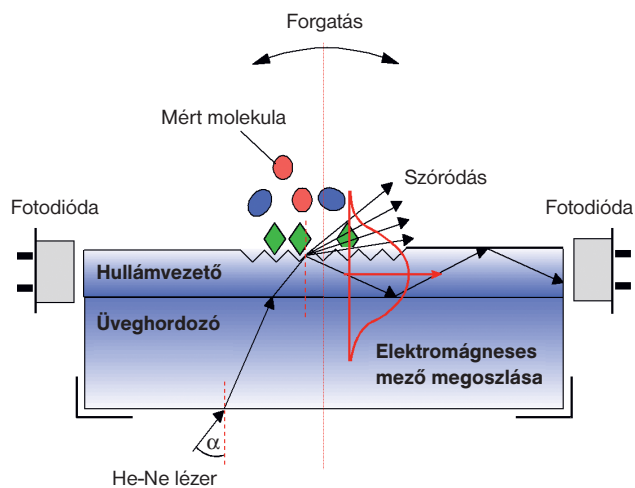
A gombák jelenléte az élelmiszerek, illetve élelmiszer-nyersanyagok minőségét hátrányosan befolyásolja, hiszen jelentős szerepük van az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságainak romlásában, tápértékének csökkenésében, valamint az általuk termelt mikotoxinok egészségkárosító hatásúak. A mikotoxinok, a penészgombák által, különböző metabolikus útvonalon termelt, kis molekulatömegű, mind szerkezetileg, mind funkcionalitásban különböző másodlagos anyagcseretermékek, amelyek a mezőgazdasági termények széles körét szennyezik. A mikotoxinok legtöbbször igen hőstabilak, a feldolgozási technológiák során sem bomlik le. Intézetünkben a mikotoxinokkal kapcsolatos, több évtizedes kutatások során vizsgáltuk a környezeti paraméterek, szubsztrátok hatását a mikotoxintermelő penészek szaporodására, toxinképzésére, illetve a mikotoxintermelés visszaszorításának vagy a dekontaminációnak a lehetőségeit [9]. A tejsavbaktériumok, valamint az azok által termelt metabolitok hatását vizsgáltuk modellrendszerekben a mikotoxintermelő penészek szaporodásának gátlására, illetve toxintermelésük visszaszorítására. Bizonyos tejsavbaktérium-törzsek (*L. curvatus* 2775 és *L. curvatus* 2768) jelentősen gátolták a *Fusarium* és *Aspergillus* nemzetségbe tartozó penészek szaporodását, 58–83%-kal csökkentve a micéliumtömeget a penésznövekedés kezdeti szakaszában, valamint gátolták az *Aspergillus* törzsek esetén az aflatoxin B1 termelését, illetve csökkentették a termelődött mikotoxin detektálható mennyiségét a 20 napos kísérlet során.

Az élelmiszer-biztonság feltételeinek megteremtése nem nélkülözheti az olyan analitikai módszerek alkalmazását, amelyek biztosítják a vizsgálandó anyagok/komponensek nagy érzékenységgel ($\mu\text{g/kg}$ vagy ng/kg), szelektív mérését, kimutatását, valamint a gyors eredményszolgáltatást. A teljesítményre és az érzékenységre vonatkozó megnövekedett igények és a felmerülő költségek miatt a modern élelmiszer-vizsgálati módszerek (HPLC, GC, HPLC–MS, stb.) mellett egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző biológiai és molekuláris biológiai módszerek. Az immunanalitikai módszerek közül elsősorban az enzimjelzéses immunanalitikai eljárások (ELISA, EIA) terjedtek el. Az egyre terjedő bioszenzoros alkalmazások szelektivitás tekintetében megfelelnek a versengő ELISA-módszereknek, a kimutatási határ azonban több nagyságrenddel kisebb, mint a hasonló biológiai, biokémiai rendszert alkalmazó eljárásoké, egyszerű minta-előkészítési módszert alkalmazva gyors mérési/monitorozási lehetőség biztosítható.

Bioszenzor-kutatások

A '60-as években indultak meg a bioszenzor-kutatások világszerte, dinamikusan fejlesztve mind a meghatározandó szubsztrátok körét, mind pedig a technikai eszköztárat. Az ÉKI-ben a '90-es években hazai és nemzetközi együttműködések, pályázatok keretében kezdtük meg a bioszenzor-kutatást, egyrészt enzimalapú amperometriás bioszenzorokat, másrészt az optikai hullámvezető fénymódus-spektroszkópia (OWLS, MikroVákuum Kft., Budapest) alkalmazásával immunszenzorokat fejlesztve. Az OWLS technika az optikai hullámvezető felületén, mint határfelületen, molekuláris szinten végbemenő folyamatok valós idejű, jelölésmentes vizsgálatára alkalmas (3. ábra).

Kutatási projektek keretében kidolgoztuk a biomolekulák rögzítésének eljárását a szilanizálással módosított felületű vékony hullámvezetőn glutaraldehid (2,5%), illetve borostyánkősav-an-



3. ábra. Az OWLS berendezés működési sémája

hidrid (0,2%), az 1-etil-3-(3-dimetil-amino-propil)-karbodiimid és N-hidroxi-szukcinimid alkalmazásával. A felület módosítását követően az élelmiszer-biztonság tekintetében egyre jelentősebb problémát okozó, a terményekben gombafertőzést követően termelt mikotoxinok nagy érzékenységgel, szelektív kimutatására alkalmas eljárásokat dolgoztunk ki. Kukoricamintákból optimalizált kompetitív immunszenzoros eljárással mértük a *Fusarium*-gombák által – nem megfelelő tárolás során – termelt zearaleont, és a gátlási középérték (IC_{50}) $0,053 \pm 0,013 \text{ pg/ml}$ értékűnek

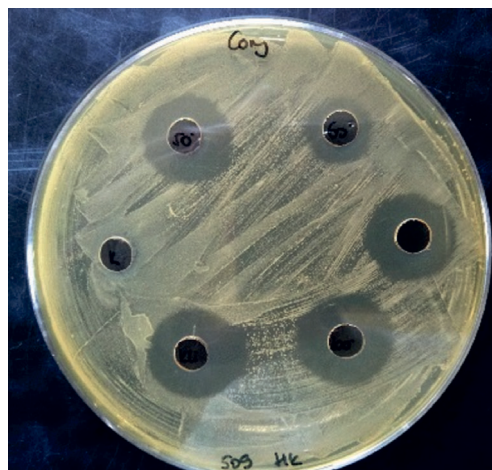


adódott, míg az ELISA-mérésnél meghatározható IC_{50} értéke $2,04 \pm 0,66$ ng/ml volt. A klímaváltozás miatt kiemelt fontosságú az *Aspergillus flavus* által termelt aflatoxin B1 (AFB1) kimutatása. A módszer analitikai teljesítményének növelésére a szenzor felszínén rögzített arany nanorészecskéket (AuNP) rögzítve vizsgálatuk a fűszerpaprika AFB1-szennyezettségét. Az AuNP-k alkalmazása nélkül a $0,1\text{--}20$ ng/ml tartományban kaptuk a dinamikus méréstartományt (IC_{50} $8,00 \pm 0,46$ ng/ml), míg a rögzített AuNP-vel $0,001\text{--}1,00$ ng/ml volt a dinamikus méréstartomány (IC_{50} $0,035 \pm 0,005$ ng/ml) [10, 11]. A *Penicillium* és *Aspergillus* nemzetségekbe tartozó gombafajok által termelt ochratoxin A kimutatására monoklonális antitest alkalmazásával búza-, árpa- és vörösborminták vizsgálatánál az immunszenzorral mért eredmények független kétmintás t-próba alapján $P < 0,05$ szignifikanciaszinten megfeleltek az ELISA referenciamódszerrel mért értékeknek. A búzán a szemek üszkösödését, a kukoricában a kalász rothadását okozza a *Fusarium graminearum* és a *F. culmorum* gomba, amelyekben deoxinivalenol termelődik. A vegyület kimutatására a dinamikus méréstartomány a búzalisztmintára számítva $0,01\text{--}10$ mg/kg volt (IC_{50} $0,13 \pm 0,04$ mg/kg), ami megfelel az előírásokban foglalt követelményeknek.

Bakteriocinek

A bakteriocinek olyan riboszomálisan szintetizált és extracellulárisan kiválasztott, elsődleges vagy módosított, fehérje jellegű, általában $30\text{--}60$ aminosavból álló peptidek vagy peptidkomplexek, amelyeknek baktericid vagy bakteriosztatikus hatásuk van rokon fajokkal szemben. A termelő sejtéből kijutva a bakteriocinek a többi baktérium sejtmembránján pórusokat képeznek, csökkentve a membránpotenciált, megzavarva a sejt energiaellátását, növelve a membrán átjárhatóságát. Élelmiszer-tudományi szempontból legnagyobb jelentősége a tejsavbaktériumok által termelt bakteriocineknek van, amelyek számos, az élelmiszerek romlását, illetve megbetegedést okozó mikroorganizmust is gátolhatnak.

Intézetünkben több évtizede folyik a *Lactobacillus* nemzetségbe tartozó baktériumok bakteriocintermelő képességének vizsgálata. Számos törzs esetén kimutattunk fehérje jellegű gátló komponenst a tejsavbaktérium felülúszójából, meghatároztuk a termelését legjobban befolyásoló tápanyagokat, a bakteriocintermelés tápközegfüggését, molekulatömegét [12]. Molekuláris biológiai módszerekkel igazoltuk a bakteriocintermelést kódoló gén jelenlétét az adott törzsek genomjában, és a gyakorlati alkalmazást figyelembe véve vizsgáltuk a tisztított bakteriocinek, illetve a termelő törzsek alkalmazhatóságát különböző környezeti körülmények között. Ezen vizsgálatokkal a *Lactobacillus plantarum* 2142 törzs esetén meghatároztuk a plantaricin A jellegű bakteriocint kódoló gén jelenlétét, és tisztítást követően részletesen jellemeztük ezt a 11 kDa molekulatömeg alatti, fe-



4. ábra.
Bakteriocin-
gátló
aktivitás
vizsgálata

hérje jellegű antimikrobiális komponenst, amely ígéretes eredményeket mutatott a gyakorlati alkalmazhatóság területén is (4. ábra). Zöldszéglében vizsgálva, szobahőmérsékleten egy nagyságrendnyi szaporodásgátlást figyeltünk meg a potenciális romlást okozó élesztők és baktériumok szaporodásában a tisztított fehérje jellegű komponens alkalmazása mellett, míg kombinált tartósítás esetén, hűtve tárolás során a kiindulási értékhez képest két nagyságrendnyi csökkenést tapasztaltunk a romlást okozók sejtszámában.

Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) kimutatása

A policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) a környezetben számtalan helyen, a talajban, vizekben, levegőben megtalálható szennyező vegyületek. Kondenzált aromás gyűrűkből épülnek fel, heteroatomot nem tartalmaznak, lipofil tulajdonságú vegyületek. Számos képviselőjük toxikus, karcinogén, illetve mutagén tulajdonságú. A nyers élelmiszer-alapanyagokba a természetben a levegőből, kipufogógázokból, egyéb ipari tevékenység kapcsán kerülhetnek be, illetve a feldolgozás során, pl. füstöléskor. A füstölt élelmiszerek PAH-tartalma nagymértékben függ a technológiai paraméterektől: a hőmérséklettől, a füstöléshez alkalmazott fa típusától, a füstölési idő hosszától, valamint a füstölt alapanyag fajlagos felületétől. Az Európai Bizottság rendeletekben szabályozta az élelmiszerekben (fűszerek, füstöltáru) előforduló PAH-ok felső határértékét, azonban a füstölt paprika PAH-koncentrációjára nincs kötelező határérték. A füstölt paprika magas PAH-tartalma származhat az alapanyag szennyezettségéből, valamint az alkalmazott technológiától, miszerint a paprikacsövek közvetlenül és hosszú időn keresztül érintkeznek a füsttel.

Munkánk során a validált HPLC-s (diódasoros és fluoreszcens detektorral) mérési eljárás kidolgozását követően különböző eredetű füstölt-, illetve nem füstölt paprikamintában vizsgáltuk a

1. táblázat. A vizsgált füstölt fűszerpaprikák PAH-tartalma

PAH- vegyületek	magyar kontroll		spanyol kontroll		magyar füst ízű		magyar tölgyfával		magyar bükkfával		spanyol bükkfával	
benzo[a]pirén ($\mu\text{g/kg}$)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	14	50	<LOQ	<LOQ	97	91
PAH4 ($\mu\text{g/kg}$)	29	15	32	76	45	56	191	6407	116	95	3175	3364
PAH8 ($\mu\text{g/kg}$)	29	17	34	86	87	96	308	700	152	131	3321	3476
ΣPAH ($\mu\text{g/kg}$)	190	1686	635	1064	280	352	1394	13882	913	801	29 399	48 042



kiemelten veszélyes benzo[a]pirén (BaP), PAH₄, PAH₈ és az összes PAH mennyiségét. Az eredményeket összesítve megállapítható, hogy a magyar és a spanyol füstöltpaprika-minták igen eltérő mennyiségben tartalmazták a PAH-származékokat (**1. táblázat**).

A spanyol minták lényegesen nagyobb koncentrációban tartalmazzák a PAH-vegyületeket. Találtunk azonban olyan nem füstölt fűszerpaprikákat is, amelyek PAH₄-értéke megközelítette a füstölt mintákét. Mindenképpen figyelemre méltó, hogy a minták PAH-szennyezettségében található jelentős különbség oka egyrészt az alapanyag eredeti szennyezettségében, másrészt pedig a füstöléshez használt fa minőségében és az alkalmazott technológiában keresendő. Ugyanakkor a füstölt paprikát igen kis mennyiségben használják az ételek ízesítésére és színezésére, így az élelmiszermintákban a B[a]P mennyisége és a PAH₄-vegyületek összes koncentrációja sem jelenthet veszélyt az egészségre.



IRODALOM

- [1] L. C. Dolan, R. A. Matulka, and G. A. Burdock Naturally Occurring Food Toxins, Toxins (Basel). (2010) 2(9): 2289–2332.
- [2] United States Food and Drug Administration (FDA) FDA Poisonous Database, 2008 (accessed on 21 July 2010).
- [3] R. Tömösközi-Farkas, N. Adányi, M. Gasztonyi-Nagy, M. Berki, V. Horváth, T. Renkecz, K. Simon, Z. Fabulya, Zs. Polgár, Farm. J. of Agr. Sci. and Tech. B (2016) 6, 83.
- [4] M. J. Kim and H. Kim, J Cancer Prev. 2015) Jun; 20(2) 92–96.
- [5] M.S., Ansar, N.P. Gupta, Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations, (2004) 22, 5, 415–420.
- [6] R. T. Mócsai, A. Maczó, M. Berki, M. Nagyné Gasztonyi, P. Milotay, R. Tömösközi-Farkas, É. Tud. Tech. (2015) 3, 9.
- [7] H. Molnár, É. Kónya, Zs. Zalán, I. Bata-Vidács, R. Tömösközi-Farkas, A. Székács, N. Adányi: Food Cont. (2018) 83, 54.
- [8] G. Bujdosó, É. Kónya, M. Berki, M. Nagy-Gasztonyi, K. Bartha-Szügyi, B. Marton, E. Izsepi, N. Adányi, Turkish J. of Agr. and For. (2016) 40, 160.
- [9] A. Halász, R. Lasztity, T. Abonyi, A. Bata, Food Rev. Int. (2009) 25, 284.
- [10] N. Adányi, I. A. Levkovets, G. S. Rodriguez, A. Ronald, M. Várad, I. Szendrő, Biosens. Bioelectron. (2007) 22, 797.
- [11] N. Adányi, Á. G. Nagy, B. Takács, I. Szendrő, G. Szakacs, R. Szűcs, E. Tóth-Szeles, I. Lagzi, D. Weiser, V. Bódi, P. Sátorhelyi, B. Erdélyi, Food Chem. (2018) 267, 10.
- [12] Zs. Zalán, E. Németh, Á. Baráth, A. Halász, Food Tech. and Biotech. (2005) 43, 219.

Csóka Mariann – Amtmann Mária

■ SZIE ÉTK Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

Illatos kémia

Élvezeti cikkek aroma-összetételének vizsgálata



Bevezetés

A műszeres aromavizsgálatok több évtizedes múltra tekintenek vissza, és növényi kivonatok, illóolajok, illatszer-összetevők tanulmányozásán túl élelmiszerek vizsgálatára is alkalmazzák ezeket az eljárásokat. Az élelmiszerek illatát gyakran igen nagy számú illékony vegyület együttes jelenléte hozza létre. Az illatalkotók jelentőségét a jellegzetes aroma kialakításában elsősorban nem az abszolút mennyiségük, hanem azok illatküszöbükhez viszonyított aránya határozza meg. Az *illatküszöb* (felismerési küszöb) egy vegyületnek az a legkisebb mennyisége, amely már elegendő illatának felismeréséhez. A *detektálási küszöb* ennél az értéknel általában alacsonyabb koncentrációt jelent: a komponens jelenléte érzékelhető ugyan, de az aromaminőség nem állapítható meg egyértelműen [1]. Az aroma kialakításában különösen jelentősek a nagy illataktivitású (azaz alacsony illatküszöbű) vegyületek, mint például a terpénvegyületek, a heterociklusos oxigén-, illetve nitrogéntartalmú komponensek, vagy a kéntartalmú illatalkotók. Ezen aroma-összetevők – esetenként nem feltétlenül kellemes – illata ugyanis már nagyon kis koncentrációban is érzékelhető. Az illékony vegyületek hozzájárulhatnak az adott élelmiszer jellegzetes, harmonikus illatának kialakításához, ugyanakkor aromahibák, mellékilletatok okozói is lehetnek.



Élelmiszerek aromájának vizsgálata

Az élelmiszerek aromakomponenseinek vizsgálatára többféle módszer létezik. Első lépésként el kell különíteni az illó vegyületeket a nem illékony mátrixkomponensektől, majd ezt követően – egy esetleges koncentrálnálási lépés közbeiktatásával – kerül sor a műszeres vizsgálatra és az eredmények értékelésére. Az elmúlt 30 évben az illékony frakció minta-előkészítésére alkalmazott eljárások jelentős fejlődésen mentek át, a korábban használt módszereket új technikák egészítették ki [2]. A „hagyományosnak” tekintett műveletek a különböző desztillációs eljárások, melyek eredményeképpen folyadékminta (párlat, illóolaj) nyerhető. Összetétele általában további koncentrálnálás után vizsgálható műszeres eljárással. Az egyik legjelentősebb fejlődés az illó frakció mintavételét illetően a különböző gőztérrelvizelésen alapuló eljárások kidolgozása volt. Legfontosabb megoldásaik a statikus, illetve a dinamikus gőztérrelvizelés. Az 1990-es években jelent meg egy újabb gőztérrelvizelési eljárás, a szilárd fázisú mikroextrakció (SPME). Ezt a mintavételi módszert a folyóirat korábbi száma részletesen bemutatta [3].

A Szent István Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén évek óta folynak élelmiszerek aroma-összetételének vizsgálatával kapcsolatos kutatások. Munkánk kiterjedt élelmiszer-nyersanyagok és késztermékek vizsgálatára, valamint különböző illóanyag-kivonási eljárások összehasonlítására is. Aromavizsgálataink elsősorban alapkutatásnak tekinthetők, melyek