

Venetianer Pál

„Alkotmányos” mezőgazdasági biotechnológia

Hazánk alaptörvénye – valószínűleg a világon egyedülálló módon – meg kíván védeni bennünket egy jelentős, bár vitatott, tudományos-technológiai vívmánytól, amikor azt a követelményt, hogy „mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez”, többek között „genetikailag módosított élőlényektől mentes mezőgazdasággal” kívánja biztosítani. Ebben az írásban nem foglalkozom azzal a furcsasággal, hogy ez a cikkely nyugodtan minősíthető alkotmányellenesnek, hiszen implicit módon azt állítja, hogy a genetikailag módosított élőlények veszélyeztetik a testi (vagy lelki) egészséget. Ez az állítás pedig tudományosan vitatott és vitatható, azaz az alaptörvény egy másik cikkelye szerint („A tudományos igazság kérdésében az állam nem jogosult dönteni, tudományos kutatások értékelésére kizárólag a tudomány művelői jogosultak.”) az állam nem állíthatna ilyesmit. Azt a másik furcsaságot sem tárgyalnám, hogy ha a genetikailag módosított élőlények veszélyeztetik az egészséget (ami egyébként a szakemberek túlnyomó többsége szerint nem igaz, ugyanis ilyen ártalom létre semmiféle bizonyíték nincs), akkor miért szabad nálunk ilyen élőlényekből származó élelmiszereket és takarmányokat forgalmazni, vásárolni és fogyasztani, miért csak a termesztésük tilos.

Ehelyett inkább azt elemezném, hogy mit is jelent a „genetikailag módosított élőlény”. Első közelítésben azt mondhatnánk, hogy semmit, hiszen minden kétnemű élőlényenél az anya génállományát módosítja az apáé, azaz mindannyian, állatok, növények, emberek, genetikailag módosított élőlények vagyunk. Ez persze csak játék a szavakkal. Amellett már inkább lehetne érvelni, hogy a hagyományos növény-nemesítés bizonyos technológiái (pl. a besugárzásos mutagenézis) is genetikailag módosított élőlényeket hoznak létre, de ez is felesleges akadémikuskodás, mert a vonatkozó törvény pontosan definiálja a fogalmat, imígyen: „Géntechnológiával módosított szervezet: olyan szervezet, amelyben a génállomány génszerkezeti beavatkozás által változott meg, ideértve ennek a szervezetnek a beavatkozás következtében kialakult tulajdonságot továbbvivő utódait.”

És: „Génszerkezeti beavatkozás: olyan módszer, amely a gént vagy annak bármely részét kiemeli a sejtéből és átülteti egy másik sejtbe, és ezáltal a természetes génállomány vagy annak bármely része megváltozik.”

Noha ez a meghatározás nekem nem tetszik, és én egyetemi

vagy népszerűsítő előadásaimban ennél mindig tágabban értelmeztem a génszerkezeti beavatkozást,¹ a magyar törvény így szól. Ettől némileg eltérnek a közkeletűen elterjedt betűszóval GMO-nak² nevezett szervezetek definíciói a legtöbb fejlett ország vonatkozó törvényeiben, így az EU-ban is.³ Kétségtelen tény, hogy a jelenleg a világ 29 országában, több mint 180 millió hektáron termesztett GM-növények megfelelnek a magyar törvény meghatározásának.

E lapban a GMO-kérdésről írott korábbi cikkemben már utaltam arra, hogy az elmúlt évtizedben a növényi biotechnológia kutatói, innovatív génszerkezeti módszerek alkalmazásával, olyan új – kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező – növényeket állítottak elő, amelyeknél *nem történt génátültetés*, azaz a törvény nem vonatkozik rájuk, tehát értelemszerűen nem engedélykötelesek, és így a magyar alaptörvény nem is tiltja őket. Ezek az új növények általában még nincsenek köztermesztésben, de talán érdekelheti az olvasót, hogy mik ezek az új technikák és milyen lehetőségeket nyújtanak – nem csak a mezőgazdaság számára.

Az egyik ilyen technika, amelyet „oligonukleotidokra alapozott helyspecifikus mutagenézis”-nek neveznek, már több mint harmincéves, és felfedezője, a kanadai Michael Smith 1993-ban kémiai Nobel-díjat kapott érte. [1] Ő azonban a legkisebb ismert vírusról dolgozta ki módszerét, és igen sokáig tartott, amíg magasabb rendű, soksejtű élőlényekre sikerült alkalmazni. [2] A módszer lényege az, hogy oly módon visz be egy tervezett mutációt egy génbe, hogy mesterségesen szintetizál egy oligonukleotidot (rövid egyszálú DNS-t), amely nagyrészt megegyezik a megváltoztatandó természetes gén nukleotidsorrendjével, kivéve egyetlen pontot – a kívánt mutációt. Ha ezt az oligonukleotidot bejuttatják egy sejtbe, akkor a DNS megkettőződése során a természetes hibajavító mechanizmusok az utódsejtek egy részében az eredeti gén DNS-sorrendjét korrigálják a mesterséges molekula DNS-sorrendje szerint, azaz létrehozzák a kívánt pontmutációt. Minthogy a jelenleg forgalomban lévő gyomirtó-rezisztens GM-növények egy részébe egy olyan enzimet kódoló gént ültettek be, amely csak egyetlen pontmutációban különbözik a természetes (vad típusú) géntől, így ez az eredmény elvben elérhető a helyspecifikus mutagenézissel is. Ezzel a technológiával tehát már sikerült előállítani (laboratóriumban) gyomirtó-rezisztens kukoricát, rizst, dohányt, banánt és repcét, azaz a létező GMO-fajtákhoz hasonló, ugyanolyan tulajdonsággal rendelkező haszonnövényeket anélkül, hogy ehhez idegen gént használtak volna.

Egy másik technika (ZFN: zinc-finger-nuclease) a „cink-ujj nukleáz”-ok felhasználásán alapul. A „cink-ujj” számos különböző természetes fehérjében előforduló szerkezeti modul, amely ké-

¹ Génszerkezeti: „Az öröklési anyagba történő közvetlen, tervezett és irányított beavatkozás.”

² GMO: „Genetically modified organism = géntechnológiával módosított szervezet.”

³ Az EU definíciója tágabb körű: A „genetically modified organism (GMO)” olyan szervezet jelent, amelyben az öröklési anyagot oly módon változtatták meg, ahogy az nem fordul elő a természetes keresztezés és/vagy természetes rekombináció során.



pes a DNS bizonyos részeit (specifikus nukleotid-sorrendű, hosszabb-rövidebb szakaszokat) felismerni és azokhoz kapcsolódni. Ilyen modulok jelenléte teszi lehetővé ezeknek a fehérjéknek, hogy részt vegyenek egyes gének működésének szabályozásában. A „cink-ujj nukleáz”-ok viszont mesterségesen, génebeszeti módszerekkel, előállított, ún. „fúziós fehérjék”, amelyeket egy DNS mindkét szálát hasító enzim (nukleáz), és egy cink-ujj modul összekapcsolásával hoznak létre. Ezek a hibrid fehérjék a cink-ujj segítségével képesek felismerni egy-egy DNS-szakaszt, kapcsolódnak ahhoz, majd a nukleáz segítségével a kapcsolódó hely mellett elvágják a DNS-t. Ha ez a vágás egy élő sejten belül történik, akkor a természetes DNS-helyreállító mechanizmusok befoltozzák a szakadást. Ez a javítás azonban nem mindig hibátlan, bizonyos trükkökkel befolyásolható is, így az adott helyen olykor egy-két nukleotid kiesik, betoldódik, vagy ha az elvágott gének egy másik allélja van jelen, akkor azzal történhet meg a helyreállítás (rekombináció). [3] E folyamatok bármelyikének eredménye: mutáció az adott helyen. Ezzel a technikával is sikerült már gyomirtó-rezisztens kukoricát előállítani.

A „cink-ujj nukleáz” felhasználásával érte el egy másik cég egy olyan enzimet kódoló gén megbénítását, amely felelős a fitát szintéziséért. A kukoricamagban található foszfor 75%-a ebben a vegyületben halmozódik fel, és ez a vegyület felelős a kukoricát fogyasztó állatok vizelete és ürüléke által okozott környezeti foszforterhelésért (így például a Balaton algásodásáért is). Az e technológiával előállított – erősen csökkentett fitát-tartalmú – kukorica tehát jelentős környezetvédelmi előnnyel rendelkezik.

A ZFN technikánál modernebb, mindössze öt éves a TALEN (transcription activator-like effector nucleases), vagyis a génátírást aktiváló fehérjékhez hasonló nukleázok felhasználása. A TALEN technológia egy DNS-hasító enzimet kapcsol egy olyan 12–26 DNS-kötő modul tartalmazó fehérjéhez, amelynek minden modulja egy bizonyos nukleotidot képes felismerni. E modulok megfelelő megválasztásával elvileg tetszés szerinti 24 bázispáros vagy még hosszabb felismerő szekvenciájú fehérjék tervezhetők és hozhatók létre, amelyek a szóban forgó szekvencia mellett hasítják a DNS-t. Ezeket a TALEN-eket is felhasználták már növényi gének manipulálására. [4]

Az előbb ismertetett két módszer hátránya, hogy előfeltételül egyes fehérjék szerkezeti módosítása, majd két fehérje mesterséges fuzionálása. Noha az ehhez szükséges fehérjemérnökség ma már igen fejlett technológia, de mindenképpen munka- és költségigényes, és eredménye nem mindig megjósolható. Ezért jelentett valóságos biotechnológiai forradalmat a 2012-ben megjelent, és azóta futótűzként elterjedt, úgynevezett CRISPR/cas9 genommodosítási módszer. [5] (Jellemző adat, hogy a technika emlőssejtekben történő alkalmazását leíró, 2013 nyarán megjelent közleményre azóta kb. 25 000 hivatkozás történt. [6]) A CRISPR betűszó (jelentése: clustered-regularly-interspersed-palindromic-repeats, azaz halmozottan előforduló, szabályos közökkel elválasztott palindromikus ismétlődések) egy olyan DNS-szekvencia-elem neve, amely a baktériumok nagy többségében előfordul, és biológiai funkciója hasonló a magasabb rendű élőlények immunrendszeréhez. Azaz: ha a baktériumot megtámadja egy fág, akkor a fertőzést túlélő egyedek ennek köszönhetően védetté válnak ugyanazon fág következő támadása ellen. A komplex rendszer működés módjának megismerése, egyes komponenseinek izolálása, jellemzése, majd a rendszer in vitro rekonstrukciója és egyszerűsítése vezetett a mai technológiához, amely mindössze két összetevő génebeszeti úton történő bevitelét igényli a módosítandó sejtekbe. [7] Az egyik egy viszonylag kisméretű RNS-t

(a neve: gRNS, azaz guide, vagyis vezető RNS) kódoló gén, a másik gén pedig a cas9 elnevezésű, DNS-t hasító endonukleáz enzimet kódolja. A gRNS-ek tetszés szerinti szekvenciával rendelhető variánsai kereskedelmi forgalomban 65 dollárért beszerezhetők. A gRNS-nek funkcionális szempontból két szakasza van, az egyik egy 20–25 nukleotidnyi rész, amely a módosítandó DNS-szakasz másolata, a másik pedig valamennyi gRNS-ben azonos és a bakteriális CRISPR elem egy részének másolata. A célsejtbe bejutva a gRNS az egyik felével kapcsolódik a módosítandó genomi DNS-régióhoz, a másik felével odavezeti a cas9 nukleáz, amely a komplex szerkezete által pontosan meghatározott helyen elvágja a DNS-t. A hasadás befoltozása során a ZFN és TALEN technikához hasonlóan mutációk keletkeznek. A technológia viszonylag olcsó, egyszerűen kivitelezhető és hatékony. Legfőbb hibája a nem tökéletes specificitás. Azaz, a kívánt helyen előidézett mutáció mellett – jóval kisebb gyakorisággal – másutt is létrejöhetnek mutációk. Ez nem feltétlenül probléma növényi vagy állati alkalmazásnál, de a humán alkalmazást jelenleg még biztosan lehetetlenné teszi, ahogy ez egy hírhedtté vált, humán embriókon végzett kísérlet során be is bizonyosodott. [8] A technológia úttörői azonban nagy erőfeszítéseket tesznek e hiba kiküszöbölésére. Így már beszámoltak egy a cas9-nél precízebben működő endonukleáz megtalálásáról, [9] illetve a cas9 fehérje olyan mesterséges mutáns formáiról, amelyek az eredetinel pontosabban, hibamentesebben működnek. [10,11]

Az, hogy az ebben a cikkben leírt új technológiák valóban „alkotmányos”-nak bizonyulnak-e, még kérdéses. Jelenleg egyetlen, ily módon (a TALEN technikával) létrehozott növény van a piacon, egy gyomirtórezisztens olajrepcé, amelyet az USA-ban valóban a GMO-kra vonatkozó bonyolult szabályok kikerülésével, speciális engedélykérések nélkül hoztak forgalomba – ott teljesen legálisan. Az európai szabályozás még várat magára, bár az illetékes svéd hatóság már nyilatkozott, hogy egyes ilyen konstrukciókra nem fog vonatkozni a GMO-előírás. Ez három okból is indokolt volna. 1. Ezekben a növényekben nincs idegen gén. 2. Elvileg létrejöhettek volna természetes úton is (csak sokkal több munkával, hosszabb idő alatt). 3. Semmiféle ellenőrzés nem tudná bennük kimutatni, hogy természetes vagy mesterséges úton jöttek létre.

Az optimista iparági jóslatok szerint a CRISPR/cas9 technológiával nemesített növények 5 éven belül meghódítják a világpiacot.



IRODALOM

- [1] Hutchison, C. A. et al., Mutagenesis at a specific position in a DNA sequence. *J. Biol. Chem.* (1978) 253, 6551–6560.
- [2] Beetham, P. R. et al., A tool for functional plant genomics: chimeric RNA/DNA oligonucleotides cause in vivo gene-specific mutations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (1999) 96, 877–8778.
- [3] Urnov, F. D. et al., Genome editing with engineered zinc-finger nucleases. *Nature Rev. Genet.* (2010) 11, 636–646.
- [4] Li, T. et al., High efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice. *Nature Biotechnol.* (2012) 30, 390–392.
- [5] Jinek, M. et al., A programmable dual-RNA-guided DNA endo nuclease in adaptive bacterial immunity. *Science* (2012) 337, 816–821.
- [6] Cong, L. et al., Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science* (2013) 339, 819–823.
- [7] Mali, P. et al., RNA-guided human genome engineering via Cas9. *Science* (2013) 339, 823–826.
- [8] Liang, P. et al., CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human triploid zygotes. *Protein Cell* (2015) 6, 363–372.
- [9] Zetsche, B. et al., Cpf1 is a single RNA-guided endonuclease of a class2 CRISPR-Cas system. *Cell* (2015) 163, 759–771.
- [10] Kleinstiver, B. P. et al., High-fidelity CRISPR-Cas9 nucleases with no detectable genome-wide off-target effects. *Nature* (2016) 529, 490–495.
- [11] Slaymaker, I. M. et al., Rationally engineered Cas9 nucleases with improved specificity. *Science* (2016) 351, 84–88.



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Információs Központ

Néhány meglepő kémiai törekvés a táplálkozásban

Előszó

E folyóirat hasábjain külön-külön foglalkoztunk a részben magyar felfedezésű molekuláris gasztronómiával [1], a gasztronómiai íz-, illat- és zamatpárosításokkal [2], a csilipaprikák kémiája mögött rejtőzködő gasztromazochizmussal [3], majd a Kopi Luwak indonéz luxuskávé megjelenésével [4] annak érdekében, hogy kiemeljük a kémiai jelenségeket a gasztronómiában.

Ennek megfelelően a kémikus szemével szeretnénk itt betekinteni a huszonegyedik század első két évtizedében teret nyerő, néhány meglepőnek nevezhető gasztrotrendbe, természetesen annak tudatában, hogy hazánkban és világszerte az ingyencasztronómia az itt nem említettekén kívül sok más érdekes előrelépést is fel tudott mutatni a közelmúltban.

A pontosítás érdekében meg kell jegyeznünk, hogy tulajdonképpen nem annyira a táplálkozás jövőjével kívánunk a továbbiakban foglalkozni – mint egyrészt az ételbevitelre vonatkozó, a kémiával kapcsolatos új törekvésekkel, valamint a molekuláris gasztronómiát követő kémiai fejlesztéssel. Szintén a pontosság jegyében táplálkozásnak (étkezésnek) azt a tevékenységet, folyamatot tekintjük, amelyben táplálékot veszünk magunkhoz. Ez definíciószerűen nem tartalmazza azt az információt, ami a bevitt táplálék halmazállapotára vonatkozik. Ugyanis az szinte közhelynek számít, hogy a táplálkozás során általában a táplálékot szilárd vagy folyadék formában és szájon keresztül vesszük magunkhoz.

Aeroszol-belélegzéses (szippantásos) táplálékbevitel

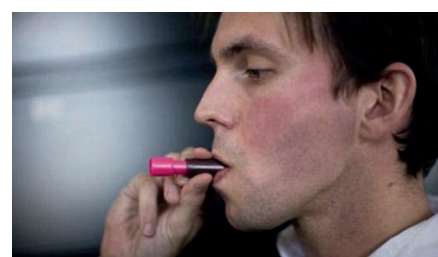
Ezek után már közvetlenül is rátérhetünk arra, hogy fentebb a táplálék belélegzéssel való szervezetbe juttatására gondolunk, amivel törekvési és megvalósítási szinten csupán a huszonegyedik század első évtize-

dében kezdtek el foglalkozni. Külön meg kell említenünk, hogy az e fejezetben foglaltak fő kezdeményezőjeként *David Edwards*, a Harvard Egyetem professzora te-

kinthető [5]. Úgy tűnik, hogy az aeroszolak, illetve az ő aeroszolkutatásai képezték azt a kiindulópontot, amiről vagy amiből a fentiek kezdetüket vehették. Aeroszolak

1. ábra. Az Edwards-féle európai szabadalom címlapja

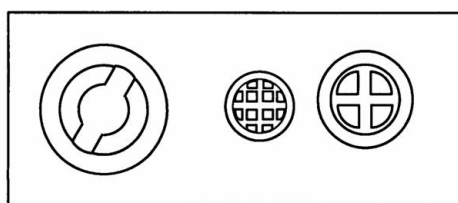
(19)		(11)	
	Europäisches Patentamt European Patent Office Office européen des brevets		EP 2 230 934 B1
(12)	EUROPEAN PATENT SPECIFICATION		
(45)	Date of publication and mention of the grant of the patent: 12.09.2012 Bulletin 2012/37	(51)	Int Cl.: A23L 1/00 (2006.01) A61M 11/00 (2006.01) B05B 7/00 (2006.01) A23G 3/56 (2006.01) B05B 1/26 (2006.01)
(21)	Application number: 08862304.6	(86)	International application number: PCT/US2008/079214
(22)	Date of filing: 08.10.2008	(87)	International publication number: WO 2009/079078 (25.06.2009 Gazette 2009/26)
(54)	DELIVERING AEROSOLIZABLE FOOD PRODUCTS ABGABE VON AEROSOL-SPRÜHBAREN NAHRUNGSMITTELPRODUKTEN ADMINISTRATION DE PRODUITS ALIMENTAIRES SOUS FORME D'AÉROSOLS		
(84)	Designated Contracting States: AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR	<ul style="list-style-type: none"> • MAN, Jonathan Bellevue Washington 98006 (US) • KAMLER, Jonathan Jacques Jamaica New York 11432 (US) • SANCHEZ, José F-75015 Paris (FR) 	
(30)	Priority: 14.12.2007 US 13861 26.03.2008 US 39783	(74)	
(43)	Date of publication of application: 29.09.2010 Bulletin 2010/39	Representative: Peterreins, Frank et al Fish & Richardson P.C. Highlight Business Towers Mies-van-der-Rohe-Strasse 8 80807 München (DE)	
(73)	Proprietor: Labogroup S.a.s. 75000 Paris (FR)	(56)	
(72)	Inventors: • EDWARDS, David A. Boston Massachusetts 02109 (US)	References cited: WO-A-2007/117675 US-A- 5 676 130 US-A1- 2004 050 965 US-B1- 6 527 151	
Note: Within nine months of the publication of the mention of the grant of the European patent in the European Patent Bulletin, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to that patent, in accordance with the Implementing Regulations. Notice of opposition shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).			
Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)			



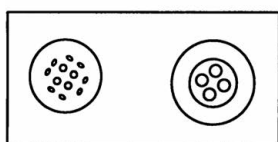
a nanoméretű szilárd részecskék vagy folyadéksepecskék levegőben vagy más gázban képzett finom felhői, illetve kolloidjai [6]. Felhasználásuk emberi táplálékbevitelre alkalmazva először egy európai szabadalom tárgyát képezte (1. ábra) [7]. Ez utóbbi megkésett megjelenése azért meglepő, mert más területeken, például a festékek, dezodorok, mezőgazdasági anyagok (például rovarirtók), gyógyszerek és más köznapi termékek aeroszolként való felhordásának, célba juttatásának csaknem évszázados hagyományai vannak [8]. Mint címében is meghatározták, az említett szabadalom élelmiszerek aeroszolméretű részecskéinek táplálékként közvetlenül és

biztonságosan a szájba juttatását kívánta megvalósítani. Ehhez egy eseti belélegzési (szippantásos), inhalálásszerű lépést vettek igénybe úgy, hogy a belélegzett áramló levegő az aeroszolrészecskéket az élelmiszer-részecskék tehetetlenségi ereje és nehézkedése folytán a szájba, csak a szájpadlásig szállítsa úgy, hogy azok ne érhesék el a torkot és a tüdőt. Ebben a folyamatban a szállított részecskék méretének rendkívül jelentős szerepe van annak érdekében, hogy a szabadalomban javasolt egyszerű eszköz (2. ábra) a belélegzett levegőáramlással a porított élelmiszer-részecskéket aeroszolként közvetlenül a szájba és a szájpadlásra irányíthassa. A java-

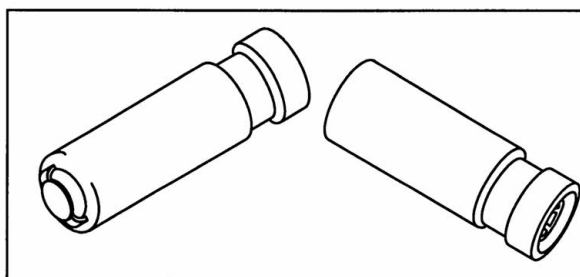
2. ábra. Aeroszolként belélegeztető eszköz porított élelmiszerek szippantására az eredeti szabadalomban publikált 17. ábrának megfelelően [7]



TOP VIEW (HOUSING, CAPSULE, CAP)



TOP AND BOTTOM VIEWS OF CAPSULE (GRATING ON TOP; OPEN ON BOTTOM)



HOUSING + CAPSULE + CAP

3. ábra. LeWhif márkanevű eszköz csokoládé és/vagy kávé szippantására [10–12]

solt eszközben belélegzett porított élelmiszer-részecskék méretét azok természetétől függően 50 és 215 µm közöttieknek tekintették optimálisnak. A szabadalom példaképpen számos porított élelmiszer bevitelét említi, de külön hangsúlyozza a csokoládék és kávék különböző fajtáinak az alkalmazását belélegzési, azaz fogyasztási, illetve ízlelési bevitelre. Kitérnek a szabadalomban arra is, hogy az eszközzel egyszeri vagy többszöri (szippantásos, pöfékeléses) bevitel is kialakítható.

Itt talán a fentiek kiemelésére érdemesnek tűnik megemlíteni, hogy az ízlelés a szájban elhelyezett receptorokkal érzékeli a kémiai vegyületeket. A nyelven és szájpadláson lévő, szakosodott kemoreceptorok felismerik a megfelelő ízeléseket. Ezen észlelések mindegyike annak érdekében fejlődött ki, hogy a szervezettel információt közöljön a táplálék ízéről. A receptorok a nyelven lévő ízlelőbimbókban helyezkednek el. Az ízlelendő molekulák az ízlelőbimbók csúcsain lévő pórusokon keresztül jutnak a bimbókba, és abszorbeálódnak az ízreceptor-sejteken. Mindezek a receptorok például a G fehérjékhez csatolt receptorok (G-protein-coupled receptors, GPCR) szuperfamilia alosztályát képezik, amiket T₁R₁; T₁R₂; T₁R₃ és T₂R-ként azonosították [8,9].



8 harapás/210 kcal

8 szippantás/1 kcal



4. ábra. LeWhif csokoládészippantó eszköz; a csokoládé szájba vitelére alkalmas eszköz előnyei a hagyományos csokoládéfogyasztással szemben

Edwards [5] kezdeményezéseként dolgoztak ki a fentebb említett találmányra alapozva egy olyan, inhalátornak nevezett és kereskedelmi, furcsa francia-angol néven *LeWhif*-ként forgalmazott terméket (3. ábra), ami például a csokoládéfogyasztóknak teszi lehetővé a szippantásos csokoládéfogyasztást anélkül, hogy híznának a csokoládétól. A világ első, csokoládét belélegezhető eszközének is nevezett találmány segítségével beszippantható a csokoládé úgy, hogy a kalóriaafelvétel egy kalóriánál kevesebb maradjon (4. ábra). A LeWhif inhalátort forgalmazzák csokoládé-, málnás csokoládé-, mentolos csokoládé- és kávéízítéssel, utóbbit egy kis eszpresszó-kávénak megfelelő koffein- (100 mg) tartalommal. Az eszközt Edwards szerint nem arra tervezték, hogy csokoládén és kávé mellett más szippantható élelmiszerek esetében helyettesítse az ételt, hanem arra, hogy fokozza az ételek élvezetét. Segítségével a fogyasztók például megköszönhetik egy étterem kínálatát, mielőtt rendelnének. Edwards ugyan a sajtónak (brit *Telegraph*) azt nyilatkozta, hogy nagyon messze vagyunk attól, hogy így táplálkozzunk, azonban a huszonegyedik század elején lezajlott egy gasztrorradalom, amelynek hatására valóban kevesebbet eszünk, és főleg az esztétikai élvezet alapján választjuk ki az ételleket [13].

Kulináris (konyhai) fogások kémiai vegyületekből

A másik meglepő gasztronómiai próbálkozás körvonalazása előtt külön ki szeretnénk emelni a magyar eredetű *Nicholas (Miklós) Kürti* oxfordi amatőr séf és gasztronómus fizikusprofesszor nevét, akinek az angliai Royal Institutionban (Királyi Társaság) 1969-ben tartott *The physicist in the kitchen* (Fizikus a konyhában) című előadása [14], később *Hervé This* francia fizikokémikussal publikált dolgozata [15]

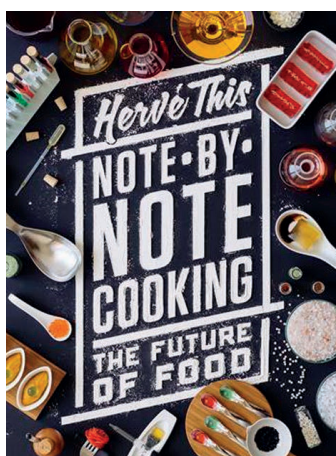
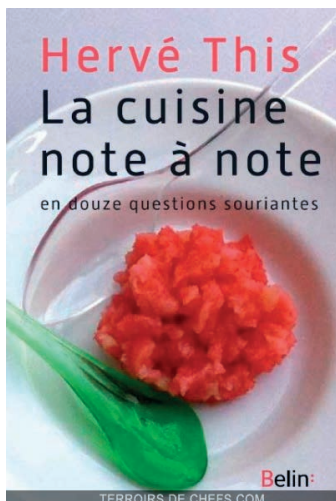
indította el azt a kutatási irányzatot, amit azóta molekuláris gasztronómiának neveznek [1]. Hogy a definíciót kissé előbből kezdjük, gasztronómiának nevezünk minden intelligens tudást az emberi táplálkozásról. De gasztronómiának tekintik az ételek, italok szakértő ismeretét, illetve élvezésük művészetét, tágabb értelemben az étkezés kultúráját is. A fejlődés során óhatatlanul felmerült a kérdés, hogy miért viselkednek úgy az élelmiszerek, ahogy, amikor bizonyos dolgokat tesznek velük. Azt a tevékenységet, amelyik a konyhai nyersanyagoktól az elkészült ételig vezető változások fizikai és kémiai mechanizmusát van hivatva megismerni, Kürti és This kezdeményezése és tevékenysége nyomán molekuláris és szupramolekuláris gasztronómiaként ismerték el és fogadták el világszerte a legutóbbi, körülbelül harminc év során [16,17].

Ezek után már közvetlenül rátérhetünk a jelen fejezet címében kifejezett meglepő kulináris (konyhai) törekvésre; arra, amit javaslója és kidolgozója, a már fentebb is említett *Hervé This* a furcsa és nehezen lefordítható „*note-by-note cuisine*”-nek (hangjegyről hangjegyre konyha) nevezett el. *This* véleménye szerint a molekuláris gasztronómia eredeti törekvése, mint említettük, az volt, hogy a tudományos ismeretek alapján jobbá, élvezhetőbbé tegye az élelmiszereket. De szerinte már az ő eredeti [15,16] törekvései mögött is ott lappangtak azok a gondolatok, amelyek szerint kémiai vegyületekből közvetlenül is készíthetők ételek. Erre utaló kezdeti próbálkozásként említi például állagjavítási és minőség-növelő tényezőként a *para*-etil-fenol hozzáadását borokhoz, vagy vanillin-molekulák hozzáadását olcsó viszkikhez, ezáltal pótolva jelenlétüket, míg a drágább termékekben a tölgfahordókban való tárolás eredményeként jelennek meg, vagy 1-okten-3-ol használatát mártások és húsok ízesítésére.

This szerint a *note-by-note cuisine* például nem húst, halat, zöldséget vagy gyümölcsöket használ ételkészítésre, hanem helyettük a belőlük kivont, frakcionált tiszta vagy a cél érdekében szintetizált kémiai vegyületeket vagy keverékeiket. Ez hasonló lehetne azzal az úttal, írja *This*, mint amikor elektronikus zenét nem hangszerrel, például trombitákkal vagy hegedűvel hozunk létre, hanem tiszta hanghullámokat keverünk zenévé, azaz hozunk velük létre akkordokat és szimfóniákat. Az úgynevezett elektronikus zene, amit szintetizátorokkal hoznak létre, hatalmas fejlődésen ment keresztül. Ma az ilyen elektronikus hangkeveréssel bármilyen zenei hangok létrehozhatók. A *note-by-note cuisine* működése során a szakácsnak meg kell terveznie a tiszta kémiai komponensekből álló étel alakját, színeit, ízeit, illatait, a főzési vagy hűtési hőmérsékletet, a trigeminális stimulációt, a textúrákat, a tápértékeket és sok minden mást [18,19]. Ahhoz, hogy ilyen étkek létrehozhatók legyenek, mondja *This*, meg kell ismernünk azokat a kémiai vegyületeket, amelyek az ételek ízét, szerkezetét és aromáját képezik, felhasználva a kémia műszeres analitikai eszközeit, például a tömegspektrometriát, hogy a vegyületeket szintetizálva vagy vegytiszta formában, az állati vagy növényi szövetekből kivonva fel tudjuk használni. Például a maltodextrin, amely az alacsony zsírtartalmú élelmiszerek és a sör textúráját javítja, keményítő hidrolízisével állítható elő. A metionin, aminek az íze a burgonyához hasonlít, kémiailag szintetizálható. Az ilyen szerkezeti és izvegyületek kombinálhatók a kívánt vitaminokkal és ásványi anyagokkal, majd főzhető, süthető olyanná, hogy szerkezetük és textúrájuk például habhoz hasonló és ízük például a sült sertésé legyen. Szintén példaként, a porított 2-heptanon a közismert gorgonzola sajtét idézi, de néhány kristály allil-szulfocianid a szájban a dijoni mustár hatását kelti.

A *note-by-note cuisine* alkotórészei lehetnek például víz, etanol, szacharóz, aminosavak, lipidek, nátrium-alginát, agar-agar, növényi gélek vagy enzimek, például a transz-glutamináz stb. Ezek és más vegyületek ugyanúgy keverhetők, darálhatók, melegíthetők vízfürdőben, hűthetők dewar edényekben, kezelhetők párologtatókban, mint a hagyományos konyhai alapanyagok.

This a közelmúltban egy francia, majd egy angol nyelvű könyvben (5. ábra) is összefoglalta elképzeléseit a „hangjegyről hangjegyre konyhá”-ról. Csak példakép-



5. ábra. Hervé This könyveinek borítói

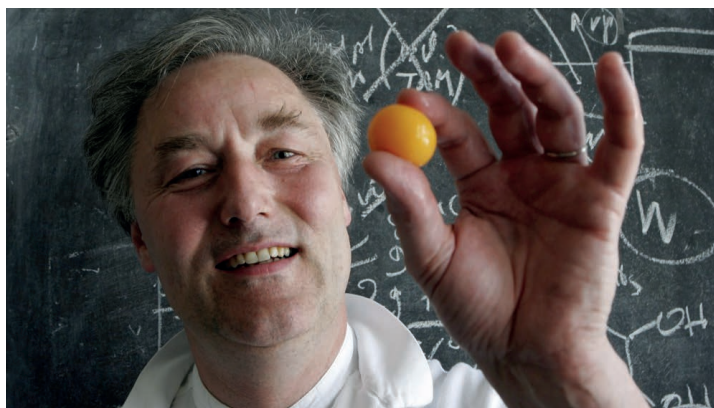
pen említünk meg néhány ilyen ételreceptet This és néhány követője (három Michelin-csillagos párizsi séfek) szerint.

Vajban posírozott homárbecsinálthoz illő mártás: oldjunk fel 100 g glükózt és 20 g borkősavat 200 ml vízben. Adjunk hozzá szőlőléből fordított ozmózzissal kivont 2 g polifenolt. Forraljuk fel és adjunk hozzá nátrium-kloridot (sózzuk) és borsozzuk piperinnel (a bors csípős hatóanyaga). Kösük meg a mártást amilózzal (egy élesztőből kivont poliszaharid). Vegyük le a tűzről, és keverjük bele 50 g triacil-glicerint [22].

Sült csirkecomb: 275 ml vizet 30 g maltodextrinnel, 10 g cukorral, 1,5 g gellánzselével és 3 csepp 2-metil-3-furantiollal keverjük el. Melegítsük lassú tűzön, majd keverve hűtsük le ropogósra egy jéggel telt edényben. Simítsuk bele egy teflonedénybe és süssük 80 percig 100 °C-on.

Burgonya habcsók: 150 ml vízben oldjunk fel 150 g szacharózt, 60 ml metionalt és 30 g albuminport. A keverékből formázzunk egy teflonedényben kis gömböket és süssük 90 °C-on öt órán át [20].

Megemlítendő az is, hogy This a párizsi *Le Cordon Bleu* luxusvendéglő séfjeivel



6. ábra. Szintetikus, koleszterinmentes tükörtojás [22]

évente rendez *note-by-note cuisine* vacsora bemutatót, amit Hongkongban és Montrealban is megismétel [22]. Ugyancsak a hangjegyről hangjegyre konyha terméke a mesterséges, koleszterinmentes tojás [20] (6. ábra). Ínyenceknek talán érdemes rákattintani a kissé bővebb, a fentiekhez hasonló This-receptgyűjteményre [23], valamint betekinteni könyveibe (5. ábra).

This gondolatai, tanai és megvalósításai számos érdeklődőre és követőre találtak a világban. Az egyesült államokbeli Bill & Me-

linda Gates Alapítvány alapította a *Beyond Meat* létesítményt Kaliforniában, ahol új technológiákkal kísérleteznek növények olyan étellekké való alakításával, amelyek íze nem tér el a marha- és csirkeizétől. A San Franciscó-i *Hampton Creek* cég kutatói tökéletes tyúk nélküli tojás létrehozásán dolgoznak. Több ezer növényi fehérjét elemeznek annak érdekében, hogy megalkossák a tyúktojás ízét, tápértékét és fizési tulajdonságait. Ezzel feleslegessé kívánják tenni a csirkék tenyésztését. Első



7. ábra. Kereskedelmi forgalomban lévő, tojás nélküli majonéz [24]



termékük, egy tojás nélküli, *Mayo* néven gyártott majonéz már forgalomban van a *Whole Foods* üzletekben az Egyesült Államokban és Európában [20] (7. ábra).

Végszó

Úgy véljük, hogy befejezésül szót kell ejtenünk az e dolgozatban részletezett témák egzotikumának enyhítésére. Mint a címben is említésre került, nem kételkedünk azok első látásra vagy hallásra felmerülő meglepő voltában. Sőt, hallani véljük azt is, amint egyesek enyhén szólva csekély lelkesedéssel fogadják a vázolt úrhajósételeknek is parodizálható étkekről szóló beszámolót. Mentségül azért megemlítenénk, hogy a földi lakosság számának csaknem megállíthatatlan növekedése ellenére fel kell tartóztatni az éhezést, de az állati és növényi alapanyagok növekedésének is felmerülnek a határai, aminek ellensúlyozására feltétlenül gondolni kell a táplálkozás új lehetőségeire és útjaira.

Az itt körvonalazottak, és ezt feltétlenül hangsúlyozni kell, nem a hagyományos táp-

lálkozás és a gasztronómia helyettesítését lennének hivatva szolgálni, hanem alternatívák és kiegészítések gondolatait és lehetőségeit járják körül.

IRODALOM

- [1] Braun Tibor, *Empíriától a tudományig. Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia*. Magyar Kémikusok Lapja, 2011. április.
- [2] Braun Tibor, *Gasztronómiai íz-, illat- és zamatpárosítások molekuláris háttere és új lehetőségei*, Magyar Kémikusok Lapja, 2014. november.
- [3] Braun Tibor, *Gasztronomozichizmus. Csilipaprika-kémia, a Scoville-skála és az ízcspősségi világrangsor*, Magyar Kémikusok Lapja, 2015. március.
- [4] Braun Tibor, *Bizarr testközeli biotechnológia. A Kopi Luwak indonéz luxuskávé*. Magyar Kémikusok Lapja, 2014. június.
- [5] <http://www.seas.harvard.edu/directory/dedwards>
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Aerosol>
- [7] D. A. Edwards, J. J. Kamler, J. Sanchez, *Delivering aerosolizable food products*, *European Patent Specification*, EP 2 230 934 B1, 2008. 08. 10. <https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/20120912/patents/EP2230934NWB1/document.pdf>
- [8] E. Adler, M. A. Hoon, K. L. Mueller, J. Chandrasekar, N. J. P. Ryba, C. S. Zucker, *Cell* (2000) 100, 683.
- [9] J. Chandrasekar, K. L. Mueller, M. A. Hoon, E. Adler, L. Feng, W. Guo, C. S. Zucker, N. J. P. Ryba, *T2Rs Function as Bitter Taste Receptors*, *Cell* (2000) 100, 703.
- [10] http://www.designboom.com/weblog/images/images_2/2011/jenny/aeroshot/aeroshot02.jpg
- [11] <http://www.firebox.com/product/2706/Le-Whif-Chocolate-Inhaler>
- [12] <http://www.incrediblethings.com/food/le-whif-breathable-chocolate/>
- [13] <http://www.lifenetwork.hu/lifenetwork/taplalkozastudomany/20100524-mar-a-boltokban-a-belelegez-he-to-csoki.html>
- [14] N. Kurti, *The physicist in the kitchen*, *Proc. Royal Soc.* (1969) 42/199, 451.
- [15] N. Kurti, H. This-Benckhard, *Chemistry and physics in the kitchen*, *Scientific American*, (1994) 271 (Április), 44.
- [16] H. This, *Molecular gastronomy, Exploring the science of flavor*, Columbia University Press, New York, 2006.
- [17] P. Barham, L. H. Skibsted, W. L. Bredie, M. B. Frøst, P. Møller, J. Risbo, P. Smitkjær, L. Mørch Mortensen, *Molecular gastronomy: a new emerging scientific discipline*, *Chem Rev.* (2010) 110, 2313.
- [18] H. This, *Molecular gastronomy is a scientific discipline, and note by note cuisine is the next culinary trend*, *Flavour* (2013) 2, 1.
- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Note_by_note_cuisine
- [20] H. Thomson, *Chemical cuisine*, *New Scientist* (2014) 7, 10.
- [21] <http://hervethisinenglish.blogspot.hu/2011/12/note-by-note-cuisine.htm>, <http://hervethisinenglish.blogspot.hu/>
- [22] <http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/physics/synthetic-food-better-cooking-through-chemistry/>
- [23] <http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dossiers/dl/maison-cuisine-note-note-cuisine-tendance-1582/>
- [24] <http://mms.businesswire.com/media/20130920005149/en/383652/5/justMayo-2.jpg>



A BioBlocks Magyarország Kft. (a BioBlocks, Inc., USA leányvállalata) VEGYÉSZ/VEGYÉSZMÉRNÖK munkatársat keres gyógyszerkutatói szerves preparatív kutatói tevékenységre csoportvezetőnek a 1045 Bp., Berlini u. 47–49. alatti telephelyére.

Elvárásaink:

- vegyész vagy vegyész-mérnök végzettség;
- többéves szakmai tapasztalat, PhD-fokozat előny;
- energikus, gyors, ambiciózus, produktív kutató;
- többéves szerves preparatív laboratóriumi gyakorlat, képesség önálló feladatmegoldásra az irodalmazás, a szintézisek megtervezése és kivitelezése terén;
- tapasztalat és képesség a szintetikus munka során felmerülő komolyabb kivitelezési feladatok biztonságos és sikeres megoldására, nagylabor-méretben is;
- léptéknövelési ismeretek és tapasztalatok, szükség esetén külső partner közreműködésével akár kilós tételű szintézisek megoldására;
- legalább középfokú angol nyelvtudás;
- projektvezetőként képesség/hajlandóság egy kutatócsoport tagjainak hatékony szakmai irányítására és egyéni fejlődésük segítésére; a kutatócsoport tagjaival szorosan együttműködve, a feladatok jó szervezési készséggel és intenzitással történő megoldására;

Kérjük, hogy szakmai önéletrajzát a bérigény megjelölésével és motivációs levelét szíveskedjék eljuttatni a következő címre: **Szalontai Judit ügyvezető: juditszalontai@bioblocks.hu.**