

ÉLELMISZERVIZSGÁLATI

K Ö Z L E M É N Y E K

JOURNAL OF FOOD INVESTIGATION

T U D O M Á N Y - É L E T - M I N Ő S É G - B I Z T O N S Á G

LXIV. ÉVFOLYAM 1. SZÁM
VOL. 64, 2018 NO. 1

SCIENCE – LIFE – QUALITY – SAFETY

2018. MÁRCIUS 31.
31. MARCH 2018

Élelmiszereink akrilamid-tartalma

The acrylamide content of our foods

**A fipronilos tojásbotrány vásárlói
magatartásra gyakorolt hatása**

**A gyümölcscukor humánbiológiai
jellemzői**

**Pszudocereália alkalmazási
lehetőségei a termékfejlesztésben**

*The impact of the fipronil egg scandal on
consumer behavior • Human biological
characteristics of fructose • Application
possibilities of pseudocereals in product
development*



www.eviko.hu

TARTALOM – CONTENTS



Élelmiszereink akrilamid-tartalma
(Szigeti Tamás János)
The acrylamide content of our foods
(Tamás János SZIGETI)

1840



A fipronilos tojásbotrány vásárlói magatartásra gyakorolt hatásának vizsgálata Magyarországon
(Barna Sarolta, Mikulka Petra, Frum Zsuzsanna, Szakos Dávid, Bognár Lajos, Kasza Gyula)
Assessing the impact of the fipronil egg scandal on consumer behavior in Hungary
(Sarolta BARNÁ, Petra MIKULKA, Zsuzsanna FRUM, Dávid SZAKOS, Lajos BOGNÁR, Gyula KASZA)

1882



A gyümölcscukor humánbiológiai jellemzői
(Bíró György)
Human biological characteristics of fructose
(György BÍRÓ)

1894



Pseudocereália alkalmazási lehetőségei a termékfejlesztésben
(Szedljak Ildikó, Kujbus Vanda Réka)
Application possibilities of pseudocereals in product development
(Ildikó SZEDLJAK, Vanda Réka KUJBUS)

1918



Nemzeti szabványosítási hírek
(Kurucz Csilla)
Review of national standardization
(Csilla KURUCZ)

1936



Hazai körkép
Domestic panorama

1940



Kitekintő
Outlook

1948



Lapszemle
Press review

1952

**Kedves Olvasóink!**

Köszönhetők az Önök érdeklődésének, és természetesen szerzőinknek, lapunk erősödni látszik. Folyóiratunk bekerült az MTA Agrártudományok Osztálya által elfogadott tudományos folyóiratok jegyzékébe (http://mta.hu/data/dokumentumok/iv_osztaly/04_folyoiratlista.pdf). Az 1. szám mindig a tavasz jegyében készül. Hamvas Béla

szerint „... A kifelé fordult ember számára... a tavasz semmi máshoz sem hasonlítható felszabadulás. A benyomások megszázszorozódnak és elmélyülnek. Az európai (ember) tavaszra mind meggyógyul, vagy meghal.”¹ Nos, mi a további erősödésben bízunk, ezért a borongós tél után újult erővel tervezzük munkánkat, hiszen immár nyári számunk anyagát készítjük elő.

Márciusi számunk vezető anyaga az Európai Unió területén legutóbb érvénybe lépett rendelet „főszereplőjével”, az **akrilamiddal** foglalkozik. A fehérjéket és szénhidrátokat együtt tartalmazó, hőkezeléssel előállított élelmiszerekben Maillard-reakcióval keletkező, genotoxikus átalakulási termék megengedhető legnagyobb mennyiségeit a rendelet előírásai szerint 2018. április 11-től korlátozzák. A frissen életbelépett határértékek betartását a hatóság ellenőrizni, a kifogásolható termékek előállításait, forgalmazóit szankcionálni fogja. A közleményünkben olvashatnak a vegyület kialakulási folyamatairól, toxikológiai jellemzőiről, analitikájának módszereiről, az érvényes európai határértékekről. Természetesen néhány laboratóriumi vizsgálati eredményt is közlésteszünk.

Barna Sarolta és szerzőtársai a 2017 augusztusában közismertté vált, a fipronil nevű inszekticiddel szennyezett tojások forgalomba kerülésének skandaluma kapcsán előállt gazdasági helyzetet, különösképpen a botrányra válaszul kialakult fogyasztói magatartást elemzik. A NÉBIH felmérése szerint a hatóság következetes kommunikációs tevékenységének köszönhetően a magyar vásárlók tojással és tojástartalmú élelmiszerekkel kapcsolatos bizalma alapvetően nem ingott meg.

Bíró György szakirodalmi összefoglalójában az emberi táplálkozás egyik gyakori makro-összetevőjének, a fruktóznak (gyümölcscukor) az ember anyagcsere folyamataira gyakorolt hatásairól ír. A gyümölcscukor az anyagcserében a szőlőcukortól (glükóz) alapvetően eltérő folyamatokban vesz részt. A glükóz feleslegéből a máj glikogént állít elő, fruktóz pedig a májban főként trigliceridek képződése mellett raktározódik. A dolgozat ennek alapján elemzi a fruktóz élettani hatásait.

Szedljak Ildikó és Kubus Vanda a búzalisztek kiváltására alkalmas pseudocerealia típusú alapanyagokból – hajdinából és amarántból – előállított snack termékek sütőipari, érzékszervi és eltarthatósági jellemzőinek vizsgálati eredményeiről számolnak be. Az általuk előállított termékek elsősorban a gluténre érzékeny fogyasztók körében jelenthetnek megoldást impulzustermékek fogyasztására, várhatóan kedvezőtlen anyagcserehatások nélkül.

2018-as tavaszi számunkban kísérleti jelleggel egy új rovatot indítunk. **Bánáti Diána** közreműködésével és szerkesztésében rövid referátumokat teszünk közzé külföldi tudományos szakfolyóiratokból. A *Food and Chemical Toxicology* és a *Packaging Technology and Science* c. folyóiratokból a fogyasztókat érő toxikus expozíciók becslésének bizonytalanságáról, illetve a nanotechnológiák csomagolástechnikai alkalmazásának lehetőségeiről közlünk egy-egy rövid kivonatot.

Olvasóinknak örömteljes tavaszvárást, jó olvasást és áldott Húsvétot kívánok. Észrevételeiket, tanácsaikat továbbra is várjuk e-mailen, telefonon, vagy akár személyesen is.

Dr. Szigeti Tamás János
főszerkesztő

Dear Readers,

Thanks to your interest and, of course, to our authors, our journal seems to be getting stronger. Our paper is already added to the list of scientific journals of Section of Agricultural Sciences of Hungarian Academy of Sciences (http://mta.hu/data/dokumentumok/iv_osztaly/04_folyoiratlista.pdf). Issue 1 is always prepared with spring in mind. According to Béla Hamvas „... For the extroverted man... spring is a liberation like no other. Impressions are multiplied a hundredfold and deepened. European people either all healed by spring, or they die.”¹ Well, we believe in continued strengthening, so after the gloomy winter, we plan our work with renewed vigor, since we already prepare for our summer issue.

The leading material of our March issue deals with the “main character” of the latest European Union regulation to come into force, **acrylamide**. According to the regulation, maximum permissible amounts of the genotoxic transformation product of the Maillard reaction in foodstuffs produced by heat treatment from raw materials containing proteins and carbohydrates together, have to be limited, starting from April 11. Compliance with the freshly established limit values will be monitored by the authorities, and producers and distributors of objectionable products will be sanctioned. In our publication, you can read about the processes that result in the compound, its toxicological characteristics, methods of analysis, and current European limit values. Naturally, some laboratory test results are also published.

The economic situation produced by the scandal of August 2017 when eggs contaminated by the insecticide fipronil were placed on the market is analyzed by **Sarolta Barna** et al., and, in particular, consumer behavior as a response to the scandal. According to the survey of NFCSO, thanks to the consistent communication activity of the authority, the trust of Hungarian consumers in eggs and egg-containing foods was not significantly reduced.

In his literature review, **György Bíró** writes about the effects of fructose, one of the common macroscopic ingredients of human nutrition, on human metabolism. Fructose participates in metabolic processes that are fundamentally different from those of glucose. Glycogen is produced from excess glucose by the liver, while fructose is stored in the liver mainly in the form of triglycerides. Physiological effects of fructose are analyzed in the paper based on this.

Ildikó Szedlják and **Vanda Kubus** report on the analytical results of the baking, sensory and shelf-life characteristics of snack products made from pseudocereal type raw materials, buckwheat and amaranth, suitable for the replacement of wheat flour. The products prepared by them are expected to offer a solution to the consumption of impulse products primarily to consumers who are sensitive to gluten, without adverse metabolic effects.

In our 2018 spring issue, a new column is launched on an experimental basis. Edited by **Diána Bánáti**, short abstracts of foreign scientific journals are published. From the journals *Food and Chemical Toxicology* and *Packaging Technology and Science* a brief excerpt each is given on the uncertainty of toxic exposures to consumers and the application possibilities of nanotechnologies in packaging technology, respectively.

I wish our Readers a happy wait for spring, a good reading and a blessed Easter. We still look forward to your comments and advice via e-mail, phone or even in person.

Dr. Tamás János Szigeti
editor-in-chief

HU ISSN 0422-9576

Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat, hogy a cikkekben szereplő táblázatokban és ábrákban a tizedes-értékeket ponttal választjuk el az angolszász helyesírás szerint. We inform our dear readers that a decimal point is designated for the decimal mark (in the tables and figures) in the articles, according to the Anglo-Saxon convention.

Címlapfotó / Cover photo: TOLOKÁN Adrienn

¹ Hamvas Béla: Téli terv. In: Babérligetkönyv. Szerk. Dúl Antal. p. 108. Medio Kiadó, Budapest, 2015.

¹ Béla Hamvas: Winter plan. In: Laurel grove book. Ed. Antal Dúl. p. 108. Medio Kiadó, Budapest, 2015.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Tolokán Adrienn

Szigeti Tamás János¹

Érkezett: 2017. december – Elfogadva: 2018. március

Élelmiszereink akrilamid-tartalma

Kulcsszavak: Akrilamid, élelmiszer-biztonság, Maillard-reakció, Amadori-átrendeződés, Schiff-bázis, aminosav, aszparagin, redukáló cukor, hőkezelés, melanoidinek, akrilamid expozíció, glicidamid, hemoglobin-addukt;

1. Összefoglalás

2002 óta ismeretes [5], hogy a szénhidrátokat és aminosavakat együtt tartalmazó élelmiszerek hőkezeléssel történő előállítása során az alkalmazott alapanyagok kémiai összetételétől, és a technológiában alkalmazott hőmérséklettől függően képződő átalakulási termékek között Maillard-típusú reakcióban akrilamid is keletkezik. Szakirodalmi források szerint az akrilamid karcinogén, rákkeltő anyag.

A Maillard-reakciók és az akrilamid képződésének áttekintése, az akrilamid biokémiai jelentőségének, valamint az emberszervezetre gyakorolt toxikus, illetve karcinogén hatásának tárgyalása mellett bemutatom akrilamid vizsgálataink eredményeit is. Különböző élelmiszerek (elsősorban burgonya chips és ivóvíz) akrilamid tartalmát mértük. Az akrilamid tartalmat vízminták esetében gázkromatográfiás, szilárd minták esetében pedig nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás elválasztás után, tömegszelektív detektálási technikával pozitív ionizációs üzemmódban határoztuk meg. Ismertetek néhány, az irodalomban fellelhető laboratóriumi vizsgálati módszert, közöttük egy nem kromatográfiás elven működő eljárást is. Az Európai Unió Bizottsága 2017-ben rendeletben írta elő a hőkezelt – főként sütéssel előállított – élelmiszerek akrilamid szintjének visszaszorítását elősegítő gyártói teendőket, a laboratóriumi ellenőrző vizsgálatok kötelezettségét, továbbá szabályozta az érintett élelmiszerekben megengedhető legmagasabb akrilamid szinteket. A rendeletet 2018. április 11-től kell alkalmazni [9].

Az EU rendelet megjelenése előtt, 2006 és 2017 novembere között – amikor az akrilamidra az EU területén még nem voltak érvényes határértékek – ügyfeleink megrendelése alapján, 250 db ivóvíz, 715 db burgonya-chips és 67 db egyéb élelmiszer – összesen 1033 db minta – akrilamid tartalmát vizsgáltuk. Analitikai vizsgálataink alsó mérési határa (LOQ) ivóvizekre nézve 1,0 µg/L, szilárd élelmiszerekre vonatkozóan pedig 10 µg/kg volt. E dolgozat célja az, hogy elsősorban a szilárd élelmiszerminták vizsgálatáról számoljak be, ezért az ivóvízminták gázkromatográfiás elemzését csak vázlatosan ismertetem rövid, kiegészítő információ gyanánt. Megjegyzem, hogy ebben az időszakban az Európai Unió területén nem voltak érvényben az akrilamid-tartalomra vonatkozó határértékek.

2. Bevezetés

A francia orvos és biokémikus, Louis-Camille Maillard által 1912-ben felfedezett kémiai reakciótípus [1] termékei között olyan vegyület is található, amely az évtizedek óta végzett kutatások szerint az ember szervezetébe kerülve egészségkárosító hatással rendelkezik. Az aminosavakat és redukáló cukrokat együttesen tartalmazó élelmiszer-alapanyagok hőkezelése során lejátszódó Maillard-reakciók révén ke-

letkező akrilamidot maga Maillard valószínűleg nem ismerte. A molekula felfedezésére és első szintézisére 1949-ben került sor. Az akrilamid polimerjének, a poli-akrilamid ipari és laboratóriumi felhasználása az 1950-es években kezdődött [2]. A poliakrilamidot – mint vízdoldható polimert különböző eredetű vizek tisztításához, szennyvíziszap-kezeléshez, papírgyártáshoz, talajok stabilitásának javításához és egyéb célokra használják. A poliakrilamid gél az analitikai laboratóriumokban a gél-elektroforézis (PAGE) tech-

¹ WESSLING Hungary Kft.

nika nélkülözhetetlen anyaga [3]. Ennélfogva az akrilamidnak az ember egészségére gyakorolt károsító hatását – munka- és üzem-egészségügyi vonatkozásban – az élelmiszerekben való megjelenés felfedezése előtt is ismerték [4]. A vegyület jelenlétét sütőipari termékekben Eden Tareke és munkacsoportja mutatta ki 2002-ben a Stockholmi Egyetem (University of Stockholm) és a Svéd Nemzeti Élelmiszer Hatóság (Swedish National Food Authority) együttműködése révén végzett kutatómunka során, amikor különböző toxikus vegyületek – közöttük a környezetből származó akrilamid – által kiváltott humán-expozíciót teszteltek vérből kimutatható hemoglobin-adduktok vizsgálatával [5]. Kutatásaik során megállapították, hogy Svédországban a felnőtt lakosság véréserúmában átlagosan kimutatható hemoglobin-addukt naponta mintegy 100 µg akrilamid bevitelének felel meg. Mivel e mennyiség folyamatos felvétele rák kialakulásának kockázatával járhat, a kutatócsoport elhatározta, hogy feltárja, milyen forrásból származik a lakosság említett mértékű kitettsége. Vizsgálataik során megállapították, hogy az emberek szervezetébe jutó akrilamid mennyisége főként a sütőipari termékek fogyasztásából származik [5].

Az Európai Bizottság Egyesített Kutatóközpontja (European Commission Joint Research Centre) (EC JRC) 2002-ben kiadott kockázat-értékelési jelentésében még nem említi az akrilamid élelmiszerláncban keresztül érvényesülő élelmiszer-biztonsági kockázatát. Ugyanakkor részletesen tárgyalja a környezeti elemekből, kozmetikumokból, a kertészetben használt készítményekből, papíripari termékekből, csomagolóanyagokból és textilipari termékekből migráló akrilamidnak az ember egészségére gyakorolt káros hatását [6]. A JRC jelentése szerint az akrilamid a környezetben és az élelmiszerláncban nem akkumulálódik, a vegyület mérgező hatásra csak a közvetlenül, például szennyezett ivóvíz fogyasztása után fejződhet ki [7].

Tareke és munkatársai publikációja [5] után a szakirodalomban tömegével jelentek meg az akrilamiddal kapcsolatos dolgozatok. A Google Chrome keresőjébe gépelve az „acrylamide” szót 2018. február 24-én 3.630.000 találatot jelzett a rendszer.

Mivel a nemzetközi Rákkutató Ügynökség (International Agency For Research on Cancer – IARC) az akrilamidot a 2a-típusú (feltételezhetően emberi karcinogén) vegyületcsaládba sorolta, a vegyületet előállító és az azt feldolgozó üzemekre vonatkozóan 0,03 mg/m³ határértékkel korlátozták a munkahelyi légterekben megengedhető legmagasabb akrilamid-szintet [8].

Az egyes élelmiszerekben megengedhető legnagyobb akrilamid szintek rendeleti szabályozására az IARC kiadványt követően hat évet kellett várni. Az Európai Unió Bizottsága 2017. november 20-án léptette hatályba az élelmiszerek akrilamid-tartalmának csökkentésével kapcsolatos kockázat csökkentő in-

tézkedések és referenciaszintek megállapításáról szóló rendeletét [9].

A rendelet előírja, hogy az Európai Unió területén a szénhidrátokat (redukáló cukrokat) és fehérjéket együttesen tartalmazó alapanyagokból, hőkezeléssel előállított élelmiszerek technológiájában, a gyártás során kialakuló átalakulási termékek között keletkező akrilamid szintjét csökkenteni kell. A jogszabály részletes előírást tartalmaz az akrilamid keletkezésében érintett élelmiszerek előállítása technológiai lépéseinek módosítására – különös tekintettel az alkalmazott sütési hőmérsékletekre –, az előállított termékek mintavételezésére, illetve az élelmiszermin-ték laboratóriumi vizsgálatának analitikai teljesítmény jellemzőire. A rendelet IV. melléklete az egyes érintett élelmiszercsoportokra vonatkozó referencia szintek (megengedhető legmagasabb akrilamid-koncentrációk) értékeit tartalmazza [9].

Laboratóriumunkban a rendelkezésünkre álló szakirodalomban olvasható adatok, illetve a várható jogszabályi előírások miatt 2006 óta végzünk élelmiszermintákból akrilamid vizsgálatokat. A vonatkozó jogszabály megjelenése előtti időszakban ügyféli kezdeményezésre 1033 mintát vizsgáltunk meg. A minták többsége – 715 minta – burgonya alapú chips volt. Ezen felül 250 vízminta és 67 db egyéb típusú élelmiszer vizsgálatát kérték ügyfeleink. A mérési eljárás során vizekből gázkromatográfiás, szilárd élelmiszerekből pedig nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás elválasztást alkalmaztunk. Az előkészített kivonatok akrilamid tartalmát származékképzés nélkül tömegszelektív detektorral mértük. Az azonosításhoz és a mérőgörbék felvételéhez ¹³C, illetve D₃ izotópjelzett akrilamid tanúsított referencia-anyagot használtunk. Az alsó méréshatár (LOQ) vizek esetében 1,0 µg/L szilárd élelmiszerek esetében pedig 10 µg/kg volt. Mérési eredményeink valamennyi vízmintánál az LOQ érték alatt voltak. A burgonyából készült chips-ek esetében a leggyakoribb értékek az LOQ és 1500 µg/kg közé estek.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Akrilamid képződése az élelmiszerek hőkezelés előállításánál

A hőkezeléssel – főként sütéssel – előállított élelmiszerek sárgás-vöröses, vöröses-barna színét és kellemes illatát, ízét többek között a Maillard által leírt, az élelmiszerek nyersanyagainak amin- és karbonil-csoportokat tartalmazó összetevők között lejátszó reakció eredményezi [1].

A Maillard-reakciók termékei azonban nemcsak a kedvező érzékszervi tulajdonságokat hordozó vegyületeket (kellemes illat- és aroma-anyagok, tetszetős barnás színeződést biztosító pigmentek) eredményeznek, hanem a biológiai rendszereket károsító vegyületeket is, amelyek között mutagén, karcinogén

és teratogén hatású anyagok vannak. Ezek közé tartozik az akrilamid is

Az akrilamid kis molekulatömegű, nagymértékben vízdékony szerves vegyület, amely természetes módon előforduló összetevőkből, aszparaginból és cukrokból jön létre bizonyos élelmiszerekben, amennyiben azokat jellemzően 120 °C-nál magasabb hőmérsékleten és alacsony nedvességtartalom mellett állítják elő. Elsősorban zsiradékban vagy másképpen sült, szénhidrátban gazdag élelmiszerekben – például gabonafélékben, burgonyafélékben, kávébabban – keletkezik, melyek nyersanyagai akrilamid-prekurzorokat tartalmaznak [9].

A hőkezeléssel előállított élelmiszerek felületén megjelenő barna vegyületek kémiájával kapcsolatban az 1950-es évek óta nagyszámú közlemény jelent meg. A cukrokat és aminosavakat tartalmazó rendszerek hőkezelésénél jelentkező barnulási folyamatok, Hodge dolgozata alapján három főcsoportba sorolható, összesen hét, különböző kémiai reakciótípussal jellemezhetők [10]:

1. Kiindulási állapot (színtelen vegyületek fényelnyelés nélkül a közeli UV-tartományban is);
 - a. Cukor-amin kondenzáció;
 - b. Amadori-átrendeződés;
2. Köztes fázis (színtelen, vagy sárga szín, erős fényabszorpció a közeli UV-tartományban);
 - c. Cukrok dehidratációja;
 - d. Cukrok fragmentációja;
 - e. Aminosavak bomlása;
3. Végső fázis (erős színek megjelenése);
 - f. Aldol-kondenzáció;
 - g. Aldehyd-amin polimerizáció, heterociklikus nitrogénvegyületek képződése;

Hodge közleménye szerint már az ötvenes években az élelmiszerek hőkezelésénél lejátszó kémiai reakciók során száznál több vegyület keletkezését igazolták. A Maillard-reakciók alapos tanulmányozásához nélkülözhetetlen forrásnak tekinthető [10].

A sütésnél végbemenő bonyolult folyamatok összetettségét mutatja, hogy az 1990-es évekig mintegy 250 kenyérearoma-komponenst választottak el és azonosítottak gázkromatográfiás technikával, de a kenyérearoma „titkának” megfejtéséhez ez az eredmény nem volt elegendő [11].

A hőkezeléssel előállított élelmiszerekben tehát a redukáló cukrok reagálnak a szabad aminoscsoporttal rendelkező vegyületekkel, és kellően magas (120-180 °C) hőmérsékleten különböző aromakomponensek és barna színű melanoid vegyületek keletkeznek. A szakirodalomban a Maillard-reakcióban keletkező színanyagok keletkezését nem enzimikus barnulásnak nevezik. A folyamat során a jelenlévő aminosavak szabad amin-csoportja a redukáló cukrok aldehides, vagy ketonos karbonil-csoportjára addicionálódik. Ezt követően az amino-csoport vízkilépéssel imin-csoporttá alakul, és glikozilamin típusú vegyületek keletkeznek. Proton jelenlétében az imin-vegyületekből immonium-ionok képződnek, majd a kiindulási cukortípustól függően egy molekulán belüli átrendeződés következik be. Aldohezőz (pl. glükóz) kiindulási vegyület esetén Amadori-átrendeződés, Ketohezőz (pl. fruktóz) esetében pedig Heyns-átrendeződés zajlik le. A két folyamat vázlatát a **1. ábra** mutatja be [12].

A Maillard reakció lépéseit – vázlatosan – az **2/a. és 2/b. ábra** mutatja be az aszparagin és egy karboxil-csoportot tartalmazó cukormolekula között Schiff-bázis képződése mellett.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo:Pixabay

A **2/b. ábra** szerint a Maillard-reakciók során legalább két reakcióút létezik, amelynek mentén akrilamid képződhet. Az egyik az időlegesen megjelenő Amadori-termék és egy redukáló cukor között lezajló folyamat, amely 3-amino-propionamid köztes termékén keresztül eredményez akrilamidot. A másik út pedig egy újabb aminosav molekula és az Amadori-termék reakciójából származó akrilamid [13]. Az Amadori-termékek többféle tartósított élelmiszerben (pl. szárított gyümölcsökben, zöldségfélékben, tejporban) is kimutathatók. Mivel a melegvérűek tápcsatornájában az emésztőenzimek nem képesek az Amadori-termékekben kötött aminosavakhoz férni, így azok nem hasznosulhatnak, mint tápanyagok, így az ilyen vegyületek képződése ronthatja az élelmiszerek fehérjeértékét. A Maillard-reakciók során képződött, több száz termék nagyobbik hányada pigment, kisebbik része aroma jellegű. Megjegyezzük, hogy az élelmiszerekben keletkező – a mézekben korlátozott mennyiségben megengedett – hidroxi-metil-furfurol (HMF) szintén e reakciócsalád terméke [12].

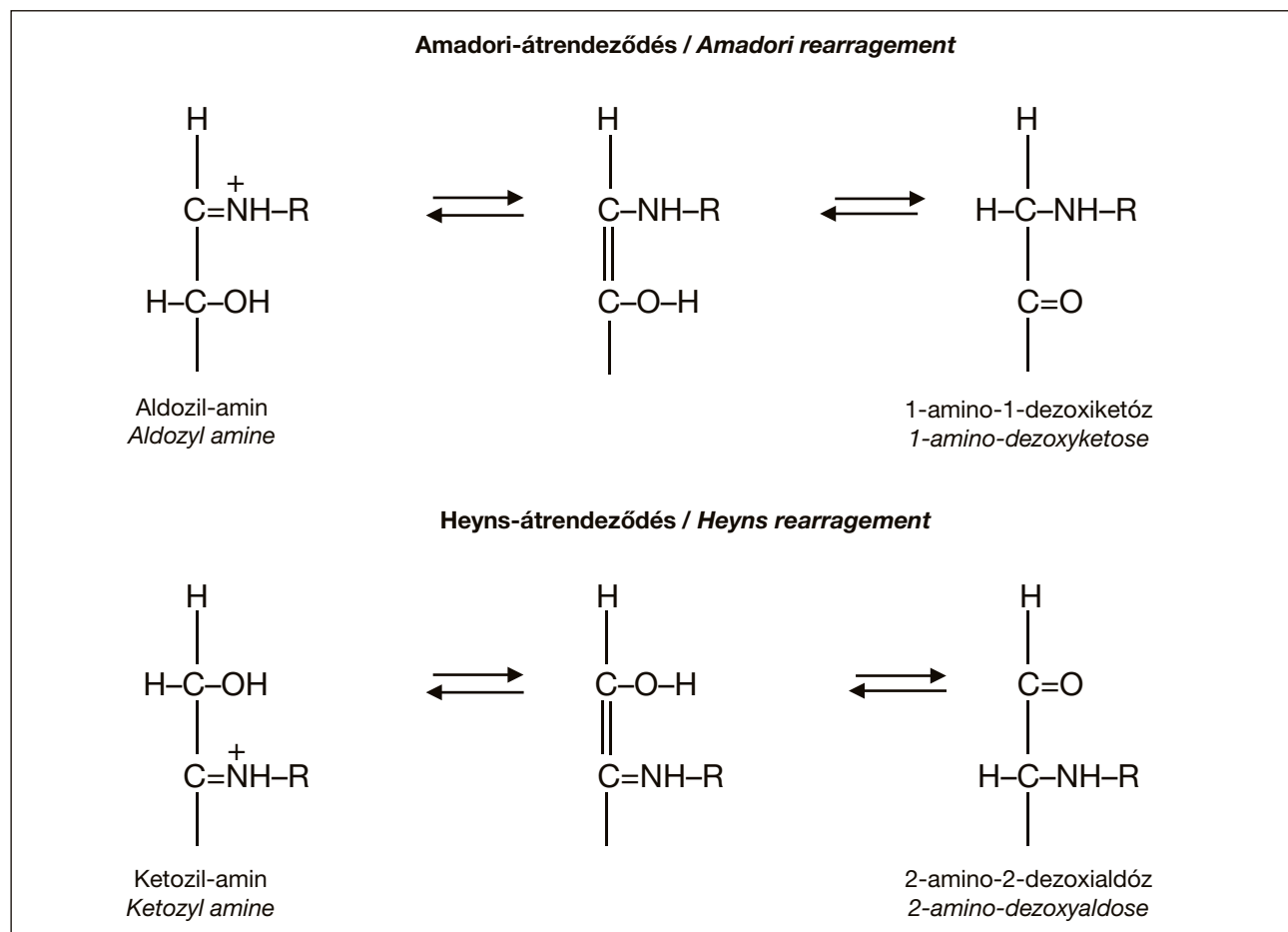
Grob közlése szerint a hőkezelt élelmiszerekben az akrilamid-képződés intenzitása leginkább az alapanyagok aszparagin-, aszparaginsav- és fruktóz tartalmával függ össze [14]. A glükóz amin-addíciójából a fruktózhoz képest kisebb mennyiségű akrilamid keletkezik. A tejcukor a fruktózhoz képest 10-15-ször kisebb mértékben járul hozzá az akrilamid képződéséhez. A burgonya alapú élelmiszerekben a hőkeze-

lés során felmerülő élelmiszerbiztonsági kockázatot elsősorban a magas aszparagin tartalom és a redukáló cukortartalom okozza. A burgonyák eredeti anyagra vonatkoztatva – fajtától függően – 2,0-4,5 g/kg aszparagint tartalmaznak, amely szárazanyagra számítva 10-20 g/kg-ot tesz ki. A búzaliszt a burgonyához képest mintegy 50-szer kevesebb aszparagint tartalmaz. Ennél fogva a sötétre sült kenyerek héjában <200 mg/kg, a sötétre sült burgonyák héjában 2000-10000 mg/kg akrilamid is képződhet. Az alapanyagokban előforduló ammóniumion (pl. sütőporban) növeli a keletkező akrilamid mennyiségét.

Az **1. táblázatban** a Svájci Szövetségi Hivatal Közegészségügyi Osztálya (Swiss Federal Office of Public Health) felmérési adatai láthatók, amelyeket burgonyakészítmények vizsgálatával kaptak [14].

Az egyes sült termékekben keletkező akrilamid mennyisége – az aminosav és cukor mennyiségén illetve arányán kívül – a felhasznált növényfajtól, a sütés hőmérsékletétől és a végtermék nedvességtartalmától is függ. Ezeket az összefüggéseket szemlélteti a **3. ábra** [15].

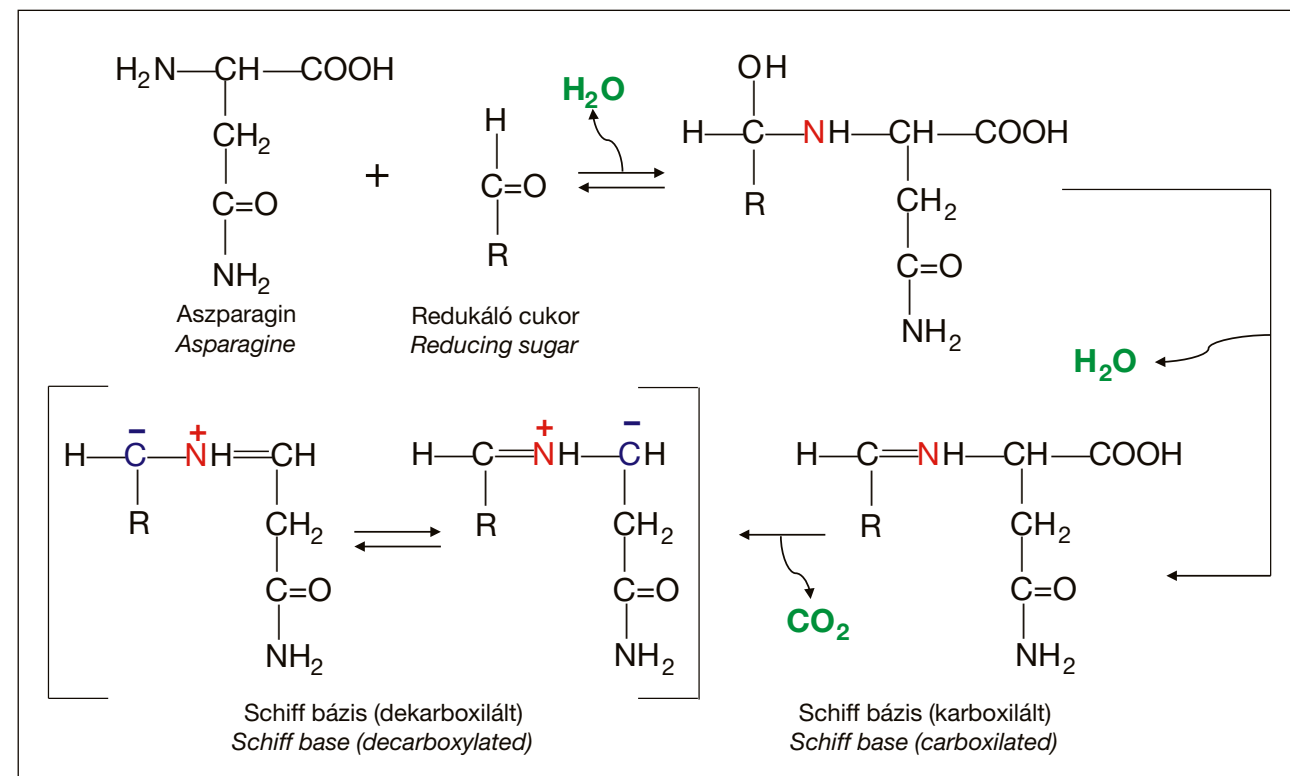
A **3. ábráról** leolvasható, hogy burgonya alapanyagok használata, 150 °C feletti sütési hőmérséklet és a végtermék alacsony nedvességtartalma esetén kell nagy mennyiségű akrilamid keletkezésével számolni. A 2008-ból származó szakmai anyag [15] és a 2017-ben



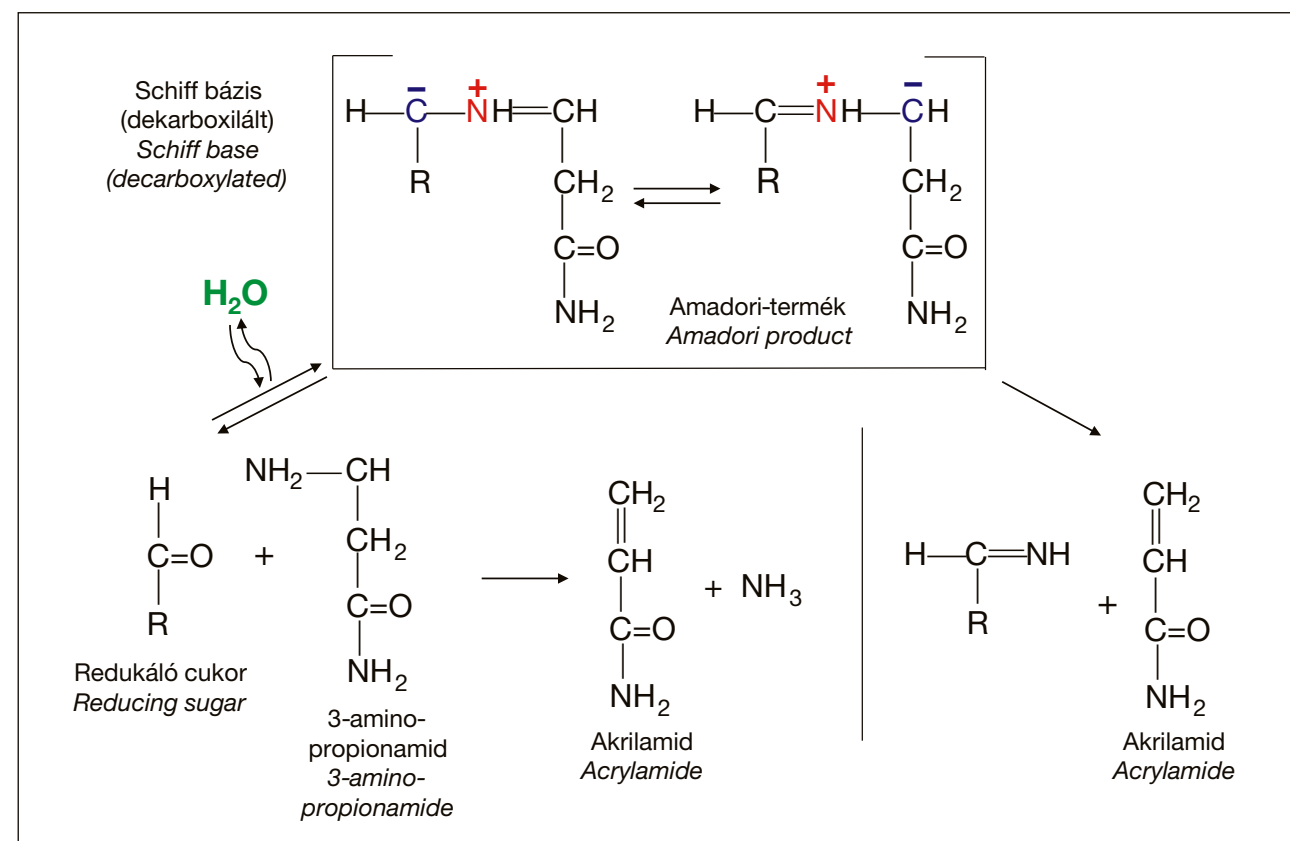
1. ábra. Amadori- és a Heyns-átrendeződés vázlata [12]
Figure 1. Scheme of the Amadori and Heyns rearrangements [12]

életbe léptetett közösségi rendeletben foglalt előírások jó egyezést mutatnak [9]. Az Európai Bizottság rendelete kiemelten említi a 160-170 °C feletti sütési technológiával előállított termékek ellenőrzési kötelezettségét. Ezen felül a burgonya chipsek esetében legalább 1,0% nedvességtartalmat ír elő.

Az akrilamid képződésének és bomlásának hőmérséklet függését számos dolgozatban elemezték. Közülük most két szerzőtől idézek egy-egy, egymáshoz feltűnően hasonló diagramot. A **4. ábrán** Weißhaar prezentációjában közölt akrilamid keletkezési-bomlási görbe látható burgonya sütésének hatására [19].



2/a. ábra. Az aszparagin és egy redukáló cukor keto-csoportjának reakciója Schiff-bázis keletkezésével [13]
Figure 2/a. Reaction of asparagine and the keto group of a reducing sugar forming a Schiff base [13]

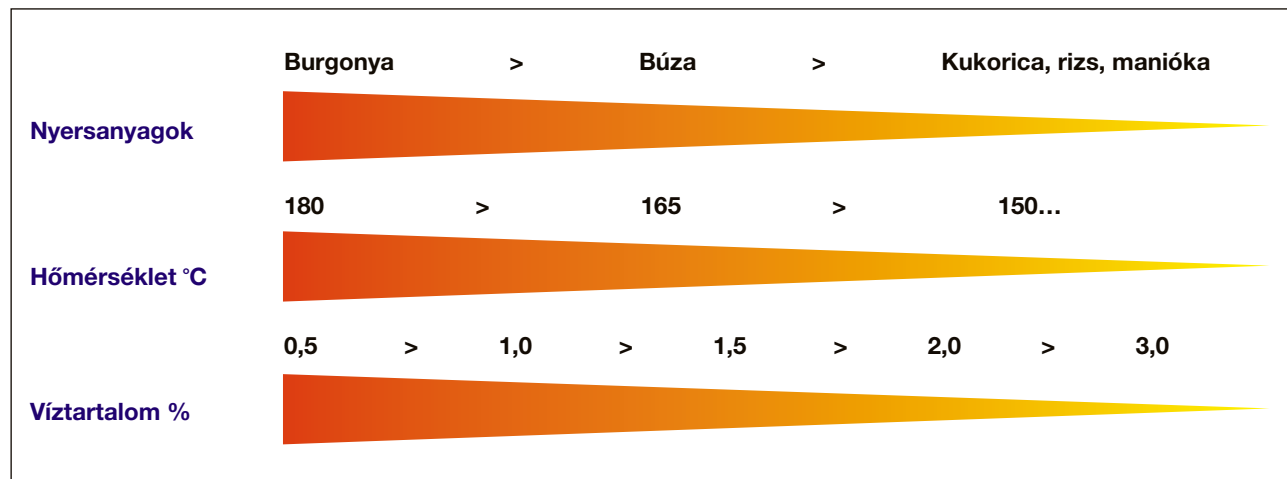


2/b. ábra. Az aszparagin és egy redukáló cukor keto-csoportjának reakciója Amadori-terméken keresztül [13]
Figure 2/b. Reaction of asparagine and the keto group of a reducing sugar via an Amadori product [13]

Az akrilamid képződés és bomlás hőmérséklet függését burgonya készítmények sütése esetén Grob egy másik előadási anyagában [16] saját mérési eredményeinek alapján szemlélteti. Az **5. ábrán** látható, hogy a keletkezett átalakulási termék hozzáadott cukrok, vagy ammóniumiont tartalmazó adalékanyag (pl. sütőpor) hozzáadása nélkül, 180 °C felett indul bomlásnak. Amennyiben a kiindulási anyagok között a hozzáadott fruktózon kívül ammóniumion tartalmú adalék is van, az akrilamid-képződés már 60 °C felett megindul, 100-140 °C között éri el a maximumát. A Maillard-reakció terméke a hőmérséklet növelésével rohamos bomlásnak indul, de mennyisége 180 °C felett is 2000 µg/kg körüli értéknek várható [16], amely a jelenleg érvényben lévő rendeleti határértéket – 750 µg/kg-ot [9] – többszörösen meghaladja. A két ábrát azért illesztettem egymás mellé, hogy látható legyen, a burgonya alapanyagokban sütés hatására komoly akrilamid-képződéssel kell számolnunk, és a két kutató – Németországban és Svájcban – egymástól függetlenül hasonló lefutású képződési dinamikát észlelt. A két görbe közötti különbség abban áll, hogy amíg Weißhaar a kísérleteket csak burgonya használata mellett végezte, Grob cukrokat és ammónium-tartalmú sütőszert is adott a kísérleti termékekhez. Grob kísérletéből az látszik, hogy amíg ammóniumion jelenlétében már 120 °C-on keletkezhet 10000 µg/kg mennyiséget meghaladó akrilamid, addig adalékanyagok hozzáadása nélkül ekkora koncentráció eléréséhez legalább 160 °C szükséges.

1. táblázat. Akrilamid-expozíciók a Swiss Federal Office Public Health felmérései alapján [14]
Table 1. Acrylamide exposure data obtained by the Swiss Federal Office of Public Health [14]

Termék Product	Akrilamid Acrylamide (µg/kg)	Elfogyasztott adag Consumed portion (g)	Heti adag Weekly portion	Kitétség Exposure (µg/nap / µg/ day)	A teljes akrilamid - bevitel %-a Percentage of total acrylamide intake
Sültburgonya Fried potato	1000	250	3	107	91
French frites	400	200	5	57	85
Burgonya chips Potato chips	600	75	5	32	76



3. ábra. Sütött élelmiszerekben az akrilamid képződését befolyásoló tényezők [15]
Figure 3. Parameters affecting the formation of acrylamide in baked foods [15]

Muttucumaru és munkatársai [18] az Egyesült Királyság területén Doncaster és Woburn környékén termesztett, 12 burgonyafajtából készült termékek vizsgálatával kimutatták, hogy az azonos burgonyafajták kémiai összetétele – különös tekintettel az aszparaginra és cukor összetevőkre –, különböző termesztési körülmények között számottevően különbözhet [18]. Ennélfogva az azokból készített élelmiszerek akrilamid tartalma is jelentősen eltérhet egymástól. Vizsgálataik szerint 160 °C-on 20 percig folytatott sütés esetén a burgonyák redukáló cukortartalma (mmol/kg) és a sütés során képződött akrilamid (µg/kg) aránya közelítőleg 1:2,3. A korreláció e két változóra szignifikáns ($r=0,516$, $p<0,001$). Az aszparagin tartalom (mmol/kg) és a képződött akrilamid (µg/kg) mennyisége ugyancsak az 1:2,3 aránnyal jellemezhető, az előbbinél nagyobb korrelációval ($r=0,672$) [18]. Megjegyzem, hogy a három jellemző – aszparagin, redukáló cukrok, akrilamid – egymáshoz viszonyított koncentráció aránya sztochasztikus, ennek ellenére szemléletesen jellemzi a burgonya sütése révén várhatóan kialakuló akrilamid-szinteket. A téma iránt érdeklődő kollégáknak különösen ajánlom a [18] irodalmi forrás részletes áttanulmányozását az aszparagin, redukáló cukrok, termőhelyek, fajták és a képződött akrilamid mennyiségének összefüggését illetően. A dolgozat értékes diagramokat is közöl a burgonyák tárolási kísérleteinek eredményeiről is, amelyre e kézirat korlátozott terjedelme miatt nem térhetek ki.

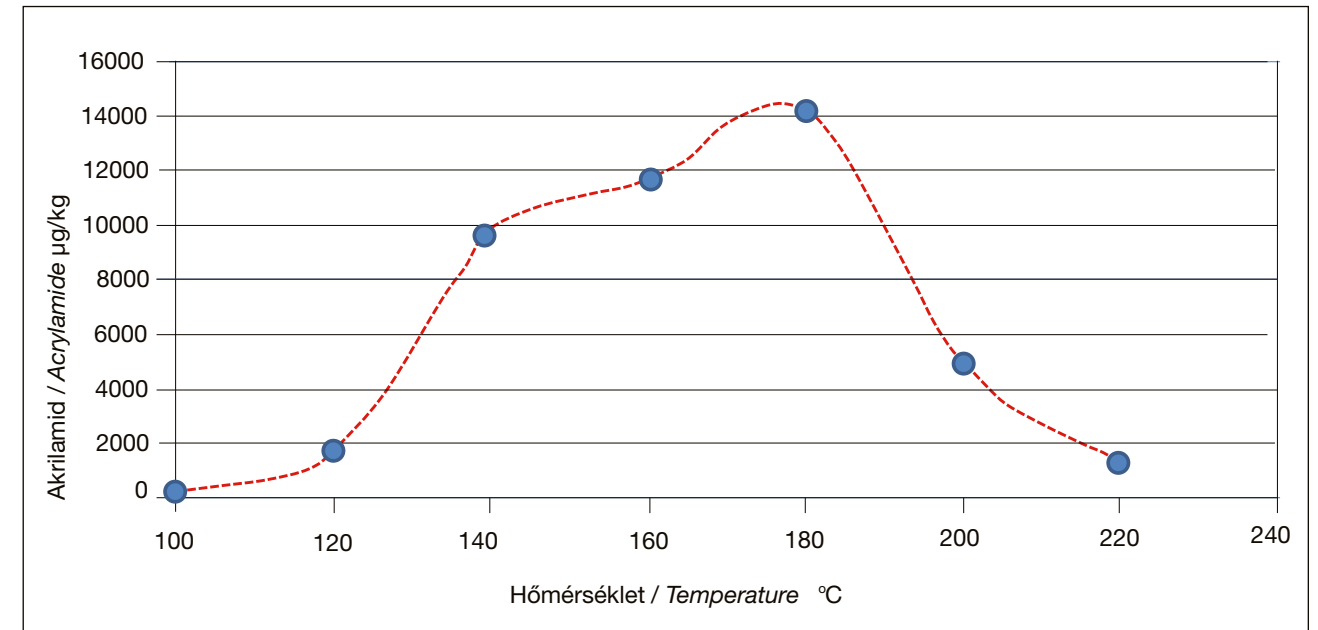
3.2. Néhány élelmiszercsoportban mért akrilamid tartalom

Tareke és munkatársai kísérleteik során a laboratóriumban sütéssel készített, fehérje-dús élelmiszerek mintáiból 5-50 µg/kg, a szénhidrátokban gazdag termékekben 150-4000 µg/kg tartományban mutatták ki az akrilamidot. A főzött ételek akrilamid-tartalma nem haladta meg az 5 µg/kg értéket [5].

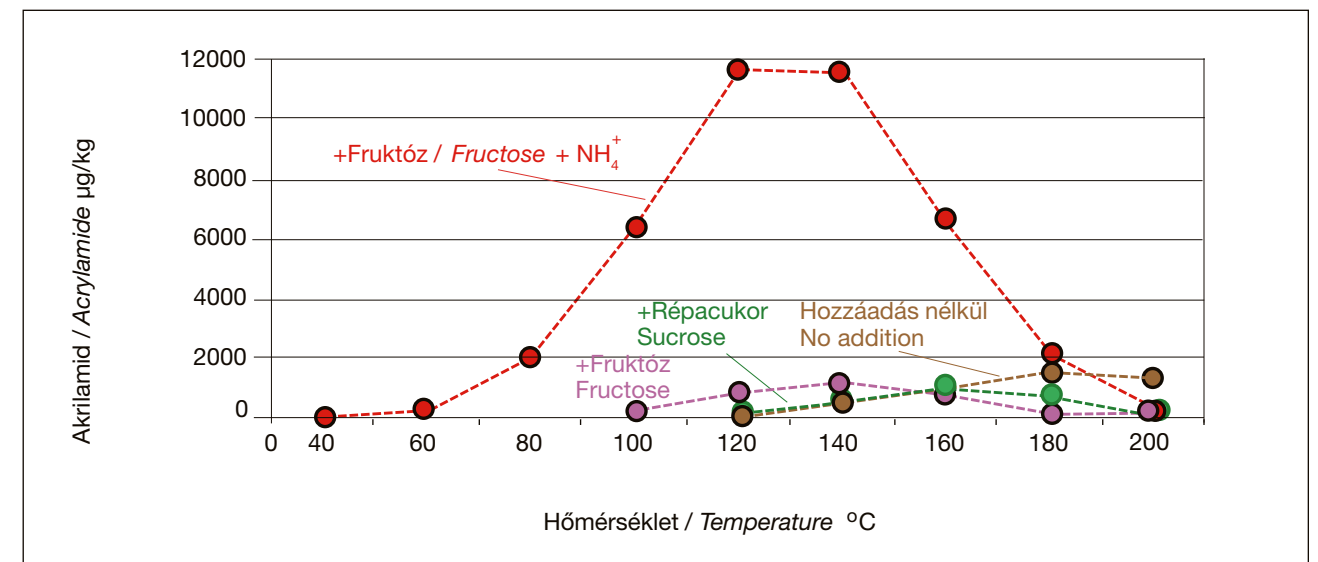
A különböző élelmiszercsoportokban található akrilamid mennyiségekről beszámoló irodalmi adatokból nehéz egységes képet alkotni. Az egyes országok élelmiszer-biztonsági szervezetei, kutató közösségei a nemzeti, tájegységi sajátosságokat, helyi fogyasztói szokásokat is figyelembe véve tervezik (tervezték)

meg a felmérésekbe bevont élelmiszercsoportokat. Ezért mintegy ízelítőképpen egy amerikai [20], egy kínai [21], és egy magyar [28] forrásból származó adathalmazt mutatok be az Európai Unió élelmiszerlánc-biztonsági rendszerének (RASFF) [22] vizsgálati eredményei mellett.

2004-ben Viator és Muth [20] az FDA-nak az USA területén végzett felmérése eredményei alapján megállapították, hogy a legnagyobb akrilamid-expozíciót a burgonya-alapú élelmiszerek fogyasztása jelenti. A **6. ábrán** az FDA által vizsgált élelmiszercsoportok akrilamid tartalmának mért legkisebb és legnagyobb értékei láthatók. A **6. ábra** számértékeit a **2. táblázatba** foglaltam össze [20].



4. ábra. Az akrilamid-képződés és -bomlás hőmérsékletfüggése Weißhaar nyomán [19]
Figure 4. Formation and decomposition of acrylamide as a function of temperature after Weißhaar [19]



5. ábra. Az akrilamid-képződés és -bomlás hőmérsékletfüggése Grob nyomán [16]
Figure 5. Formation and decomposition of acrylamide as a function of temperature after Grob [16]

2. táblázat. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma az FDA által végzett felmérés szerint az USA-ban (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [20]
Table 2. Acrylamide content in several food groups surveyed by FDA in USA (measured minimum and maximum values) [20]

Termékcsoporth	µg/kg min	µg/kg max
Burgonya chips / Potato chips	117	2762
Sült hasábburgonya / French fries	20	1325
Tészta, leveskészítmény / Noodle, soup mixes	10	1184
Snack	12	1168
Csokoládé-termék / Chocolate products	ND	909
Kréker / Cracker	26	504
Mogyoró, mogyoróvaj / Nuts, nut butters	28	504
Kenyér, sütőipari termék / Breads, bakery products	10	457
Kávé / Coffee	175	351
Gabonakészítmény / Cereals	47	266
Sütemény / Cookies	36	199
Mártás, ételízesítő / Gravies, seasonings	ND	151
Bébiétel / Baby food	ND	130
Fehérjekészítmény / Protein food	ND	116
Zöldség, gyümölcs konzerv / Canned fruit, vegetables	ND	83
Tejipari termék / Dairy	ND	43
Gyorsfagyasztott zöldség / Canned fruit, vegetables	10	20
Csecsemőtápszerek / Infant formulas	ND	10

ND: nem detektálható mennyiség / Non detectable amount

Az EFSA élelmiszerláncban előforduló szennyezőanyagokkal foglalkozó tudományos bizottsága, a CONTAM Panel [17] (Panel on Contaminants in the Food Chain) 2010 és 2015 között 24 európai országból származó élelmiszerekből, 43499 analitikai vizsgálati eredményt értelmezett. A statisztikai eszközökkel végzett számítások szerinti legmagasabb akrilamid szinteket a kávé-helyettesítő és kávé készítményekben mérték, rendre 1499, illetve 522 µg/kg koncentrációban, ami a kávé az átlagosnál nagyobb mértékben fogyasztó egyének esetében jelenthet nagyobb kockázatot. A burgonyaalapú chips-ek és hasonló termékek átlagos akrilamid szintje 389 µg/kg volt. Sültburgonyákban 308 µg/kg-ot találtak. Legalacsonyabb akrilamid értékeket a csecsemők táplálására szánt, gabonaalapú termékekben találtak, 73 µg/kg átlaggal. A felmérés keretei között, 20 országból származó, 40455 db frissen szeletelt burgonyából készült chips vizsgálati eredményeinek időbeli változása alapján megállapították, hogy 2002 és 2011 között e termékek akrilamid tartalma jelentősen csökkent: 763 ± 91,1 µg/kg-ról 358 ± 2,5 µg/kg értékre. Más termékcsoporthoknál is időben csökkenő koncentrációkat találtak. Megállapították, hogy Európában a gyermekkorú lakosság 95%-ánál a becsülhető akrilamid kitettség (expozíció) 0,5-3,4 µg/ttkg (testtömeg-kilogram). Az értékek e tartományon belül, különböző felmérésekben számottevően eltértek egymástól. A felnőtt lakosság 95%-ánál a becsült érték 0,4-2,0 µg/ttkg-nak adódott. A felnőttekre vonatkozó eredmények felmérésről-felmérésre változtak,

és számottevően függtek a vizsgált populáció életkorától is. Megállapították, hogy az ételekben, élelmiszerekben keletkező akrilamid – például burgonya alapanyag használata esetén – számottevően függ a fajtától és a termőhelyi adottságoktól is. [17].

Kínai kutatók [21] által kiválasztott 123 élelmiszercsoportból 115-ben találtak mérhető mennyiségű akrilamidot. Az akrilamid tartalom a vizsgált élelmiszercsoportok többségében nem érte el az 500 µg/kg értéket, de a sültburgonyákban a legnagyobb koncentráció 4126 µg/kg volt. Erre az élelmiszercsoportra a középértéket 604 µg/kg-nak kalkulálták tekintélyes szórással (SD = 1328 µg/kg). Vizsgálataik egész számokra kerekített eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. A táblázat legkisebb és legnagyobb értékeit a 7. ábrán közlöm.

A 4. táblázat a Szegedi Tudományegyetem jegyzetében közölt akrilamid-szinteket tartalmazza Kiss és Toldi nyomán [28]. A táblázat értékeit a 8. ábra diagramján ábrázoltam. Ha három forrásból származó adatokat [26], [27], [28] egymással összehasonlítjuk szembetűnő, hogy az amerikai és a magyar közleményben megadott legkisebb-legnagyobb értékek megoszlása – statisztikai bizonyítás mellőzésével – egymáshoz hasonlóknak tekinthető. A kínai adatokból az valószínűsíthető, hogy a kínai konyhában kevésbé szokásos a sötétre pirított ételek fogyasztása, ugyanakkor a burgonyából készült ételeket magas hőmérsékleten sütik, de a kínai felmérésbe vont élelmisze-

rek alapanyagául szolgáló termények fajtája, vagy a termőhelyi adottságok klónbözősége is okozhatta a fentebb említett eltérést.

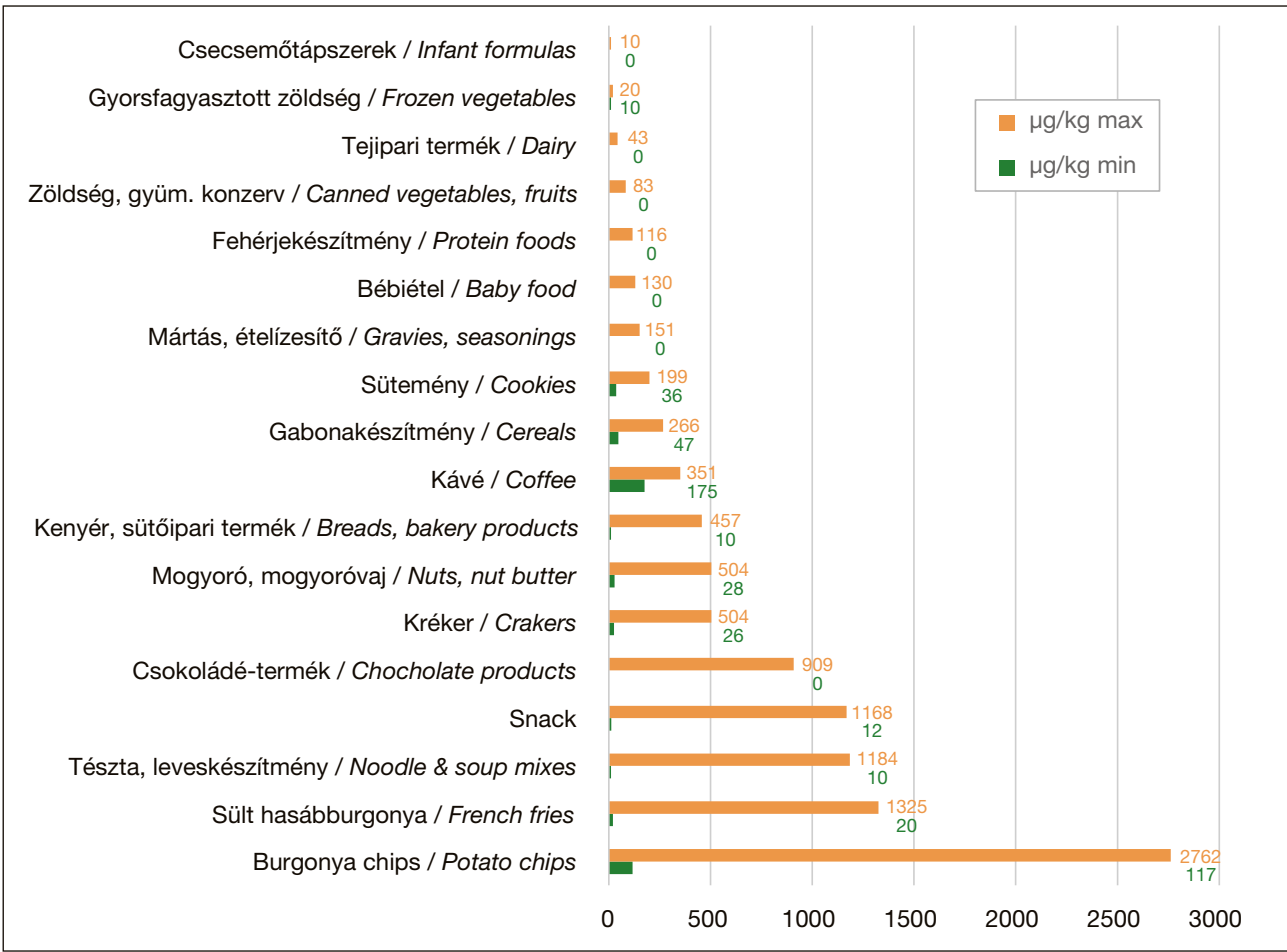
A RASFF rendszerben 10 év alatt (2018. március 2-ig) mindössze 20, akrilamid-tartalommal kapcsolatos notifikációt tettek közzé. A kisszámú RASFF bejegyzés azzal magyarázható, hogy a 2017. november 20-án hatályba lépett rendelet [9] előírásait e dolgot befejezéséig nem kellett alkalmazni, ezért 2018. április 11-ig az akrilamid határértéket meghaladó jelenléte miatt hatósági eljárás nem volt lehetséges. A RASFF notifikációk egyszerűsített adatait a 5. táblázatban foglaltam össze [23].

A 4. táblázat adatait áttekintve azt látjuk, hogy nyolc év alatt meghökkentően kevés bejegyzés, riasztás, illetve után-követést (follow-up) igénylő eseményt jegeztek be a RASFF rendszerébe. A legtöbb bejelentést Horvátország tette Bosznia és Hercegovinából (BIH) és Szerbiából (SRB) származó szárazsütemények akrilamid-tartalma miatt. Horvátországon kívül Hollandia, Belgium, Málta és Lengyelország jelentett be egy-egy esetet. A Hollandia és Belgium általi bejelentés a többi eseményhez képest számottevően nagyobb akrilamid tartalom miatt történt 2803,

4757, illetve 2062 µg/kg értékkel. Az Egyesült Királyságból származó tengeri sóval ízesített burgonya chips-ek 5000, illetve 5900 µg/kg-os kiugróan magas értékei pedig arra utalnak, hogy bizonyos élelmiszer-előállítók 2009-ben még kevésbé vették komolyan az akrilamid egészségkárosító hatását, és talán nem érezték kellően nagy felelősséget a termékeiket fogyasztó lakosság iránt. Ezekhez az értékekhez közeli mennyiséget – szintén burgonya chips-ből – a kínai adatok között találtam [21].

Ha az 5. ábra akrilamid-hőmérséklet adatait elemezzük [19], [16], akkor érthető, hogy a burgonyából készített termékek sütése esetén a gyártási technológia kisebb nem-megfelelősége révén lejátszódó Maillard reakciók veszélyesen nagy mennyiségű átalakulási terméket eredményezhetnek.

A 3.2. fejezetben található adatok alapján egyértelműen vélelmezhető, hogy napjainkban a lakosság akrilamid terhelése legnagyobb részben a burgonyából sütéssel készített élelmiszerek (chips-ek, sült burgonyák) fogyasztásából tevődik ki úgy az amerikai, mint az ázsiai, illetve az európai élelmiszerek fogyasztása esetén.



6. ábra. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma (µg/kg) az FDA által végzett felmérés szerint az USA-ban (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [20]
Figure 6. Acrylamide contents in several food groups surveyed by the FDA in the USA (measured minimum and maximum values) [20]

3. táblázat. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma Chen és mtsai által végzett felmérés szerint Kínában (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [21]
Table 3. Acrylamide content in several food groups surveyed by Chen et al. in China (measured minimum and maximum values) [21]

Termékcsoport	µg/kg min	µg/kg max	Átlag Mean	SD
Sült hasábburgonya / Fried potato	58	4126	604	1328
Sütött rizs-bunda / Fried rice crust	100	492	202	123
Kétszersült / Roasted biscuit	ND	484	98	104
Rántott garnélarák / Fried prawn strips	166	439	341	123
Sült, lisztből készült snack / Fried flour snack	39	433	132	123
Ropogós snack / Crisp	17	398	138	120
Palacsinta / Pancake	2	353	70	128
Píritott rizs-sütemény / Roasted rice cake	17	196	68	66
Ostyák kekeszek / Wafer biscuit	10	87	45	34
Főzött hús / Cooked meat	3	79	25	22
Píritott kenyér / Roasted bread	11	67	37	27
Pácolt dió / Sauted nut	4	55	25	19
Rizstészta / Rice roll noodle	9	52	23	15
Húskészítmény / Processed meat	2	49	23	20
Szója krém / Soybean pasta	4	24	14	8

ND: nem detektálható mennyiség / Non detectable amount

3.3. Az akrilamid humán-egészségügyi hatásai

Az üzem- és munkaegészségüggyel foglalkozó szakemberek előtt az akrilamid emberi egészségre gyakorolt káros hatása 2002 előtt is köztudott volt. Toxikológus kutatók már a 80-as években végeztek melegvérű állatokkal akut toxikológiai kísérleteket. A 2002. évi svédországi felfedezés előtt [5] a molekula emberi szervezetbe való bejutás módját főként por és gőz formájában ismerték [28]. A nem élelmiszeripari szektorban az akrilamiddal érintkező munkásoknál krónikus érintkezés esetén a kezeken és lábakon jelentkező érzékszavarokat észleltek [23]. A vegyület hosszabb időn keresztül a bőrrel érintkezve vörösés-kékes színváltozást okozhat [24]. Hatására gyengülhetnek az egyén reflex-válaszai [25], a bőrön hámlás indulhat meg, a kezek és lábak vörösés elszíneződést mutathatnak, melegvérűeknél teratogén (veleszületett rendellenességek) hatásokat észleltek [26]. A vegyület neuro-toxicitását mutatja, hogy akut kitettség esetén álmoság, zsibbadás-érzés, izomremegés, súlyos mérgezés esetén beszédzavarok léphetnek fel [27]. Zhou közlése szerint a környezeti hatásokon és az élelmiszereken kívül a cigaretta füstje is akrilamid-forrás lehet a dohányzó egyének számára [31]. Perorális LD₅₀-értéke patkányok esetében 159-300 mg/ttkg. Nyulak esetében bőrön keresztül 1680 µL/ttkg a letális érték. 20 mg/ttkg/nap szubakut dózisokban nyulaknál perifériás neuropátiát (az agyon és a gerincvelőn kívüli idegek betegségét), a vázizmok atrófiáját (sorvadását) és a vörösvértestek számának csökkenését észlelték. Majmok esetében 12 héten keresztül 10 mg/ttkg/nap adagokban hasonló tünetek jelentkeztek. A vegyület genotoxikus hatását

bizonyítja, hogy egereknél 3 héten keresztül 500 µg/kg akrilamidot tartalmazó táp etetésével gyakorivá vált a testvér-kromatidák töredezése, egyes génszakaszaik kicserélődése. Az ivóvízbe kevert 3 mg/ttkg/nap dózisu akrilamid adagolásával megnövekedett a tumoros elváltozások előfordulása a mellékvesében, a pajzsmirigyben, az orrüregben és – nőivarú állatoknál – az emlőben és a méhben, hímivarú egyedeknél pedig a herékben is [28].

Az akrilamid a biokémiai rendszerekben kétféle módon is képes reakcióba lépni: az egyik az elektrofil C=C konjugált kettőskötés, a másik pedig az amid-csoport. A C=C kötés a hidrogént tartalmazó vegyületekkel reagálva a májban a citokróom P450-es enzimreakciók révén glicidamiddá alakul. A glicidamid és maga az akrilamid is elektrofil tulajdonságú, ezért a fehérjék és a hemoglobin szulfhidril-csoportjaival reagálnak és adduktokat alakítanak ki [28]. Az így keletkezett kémiai szerkezeteket mutatta ki 2002-ben Tareke és munkacsoportja akrilamiddal exponált egyének vérérszérumában [5]. Mivel az addukt-képződés kis hatásfokkal ugyan, de a nukleozidokkal (adenozinal, guanozinnal, citidinnel stb.) is végbemegy [28], értetővé válik a vegyület genotoxikus hatásának mechanizmusa is.

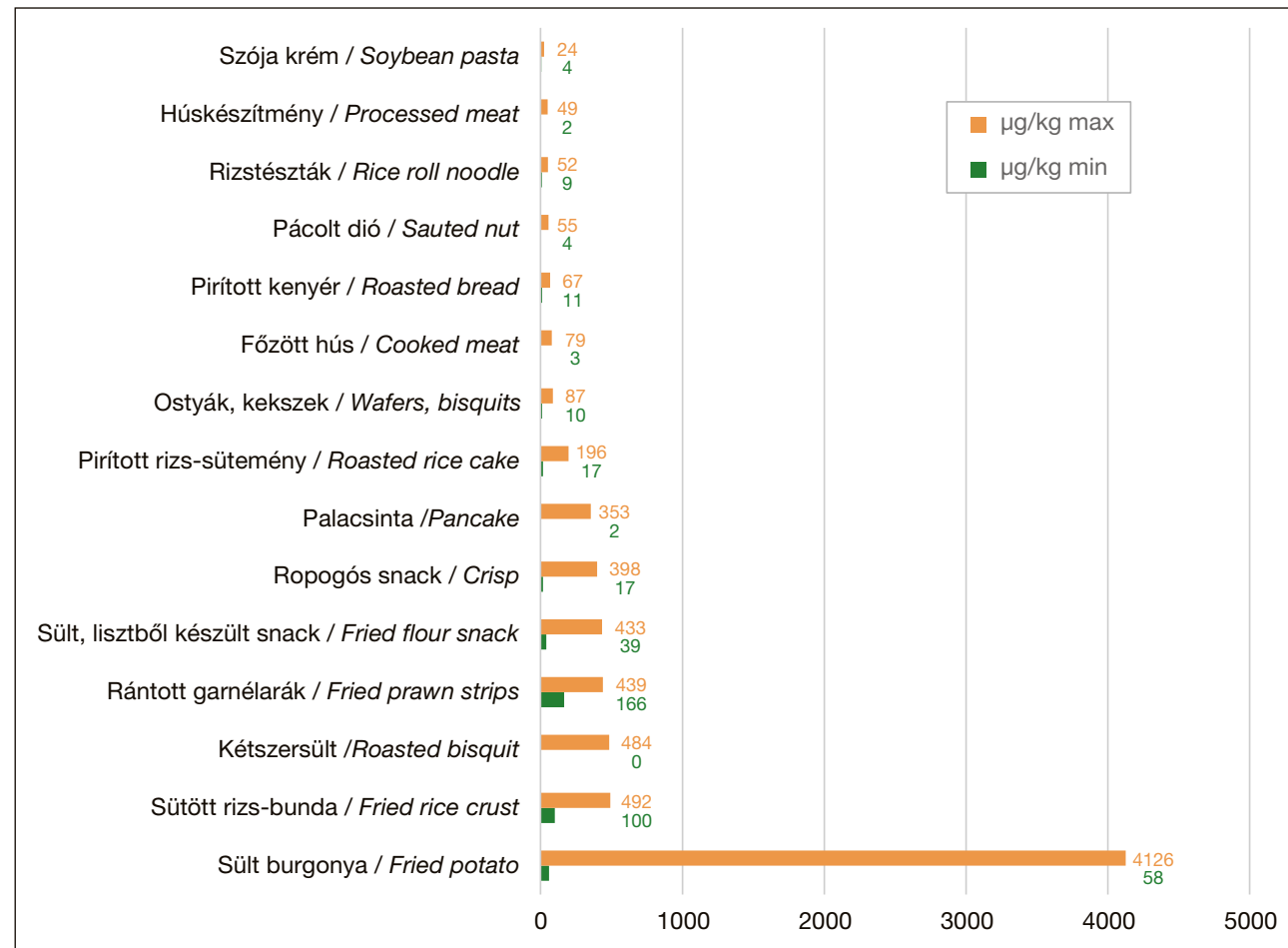
Neuhäuser-Klaus és Schmahl az akrilamid genotoxikus hatását vizsgálták. A kísérletek során 14 más vegyülettel való összehasonlítással értékelték a spermatoconiális (hím ivarsejteket termelő sejtek) tenyésztésében észlelhető elváltozásokat. Kísérleteik eredményeképpen mindkét módszer esetében a sejtek örökítő anyagában nagykiterjedésű deléciókat,

kromoszóma-veszetséget, szomatikus rekombinációkat észleltek. A vegyülettel kezelt kísérleti állatok 17 napos magzatain végzett morfológiai és szövettani vizsgálatok az akrilamid mutagén és teratogén tulajdonságait igazolták. Az akut kísérletek szerint egereknél 30 mg/ttkg akrilamid-dózis megduplázza a magzatoknál tapasztalható természeteses genetikai rendellenességek gyakoriságát [29]. Russel és szerzőtársai szerint az akrilamid által kiváltott genetikai mutációk a hímivarú, melegvérű élőlényekben az örökítő anyagban véglegesek lehetnek, így a vegyület által kiváltott mutagén hatás öröklődhet az expozíciónak kitett élőlények utódaiban. Kutatásaik eredményei a nőivarú egyedeken hasonló genetikai elváltozást nem tudtak bizonyítani [30].

Je és munkatársai csoport-tanulmányában több mint 453 355 nő adatát dolgozták fel. Közülük 2019 beteg szenvedett méhnyálkahártya-rákban. A teljes populációra, illetve a dohányzó nőkre vonatkozóan nem találtak összefüggést a rákbetegség és az akrilamid-bevitel között. Azon nők között azonban, akik soha nem dohányoztak, a magas akrilamid-bevitel és a rák kockázata között szignifikáns kapcsolatot mutattak ki [32]. Véleményem szerint a cigarettafüst káros összzetevői felülírhatják az akrilamid-bevitel következtében kialakuló élettani hatásokat. Ez lehet a

magyarázata annak, hogy az magas akrilamid-felvétel és a rák kockázata közötti összefüggés csak nemdohányzó nők esetében volt szignifikáns.

Az akrilamid genotoxikus hatásának egy másik jellemzője a sejtosztódás és az örökítő anyag replikációjának megzavarása. A vegyület a topoizomeráz II enzimek SH-csoportját is támadja [33]. A topoizomeráz enzimek a DNS hasításának szabályozásában vesznek részt. Oldják a helikáz enzim által szétcsavart DNS szálaban keletkező torziós stresszt. Ezzel biztosítják az osztódó sejtekben a széttekeredő, majd újra felcsavarodó DNS-szálak hibátlan működéséhez nélkülözhetetlen térszerkezetet. Gátlásuk szabálytalan epigenetikus (a genetikai anyag végleges módosulása) változásokat idéz elő [34]. Az olyan méreganyagokat, amelyek a DNS és a topoizomerázok közötti ideiglenesen létrejövő kovalens kötéseket rögzíteni képesek, topoizomeáz-inhibitoroknak nevezik. A topoizomeráz inhibitorok az örökítő anyag replikációjának megzavarásával az osztódó sejtek pusztulását, vagy azok rendellenes szaporodását okozzák [35]. Sciandrello és munkatársai kínai hörcsögtől származó V79 sejtenyészetben vizsgálták az akrilamid hatását. Kísérleteik eredményei szerint az akrilamid bizonyos topoizomeráz-mérgek – például a kemoterápiában használt Etopozid – hatását



7. ábra. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma Chen és mtsai által végzett felmérés szerint Kínában (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [21]
Figure 7. Acrylamide in several food groups surveyed by Chen et al. in China (measured minimum and maximum values) [21]

4. táblázat. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma Kiss és Toldi közlése szerint (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [28]
Table 4. Acrylamide content in several food groups published by Kiss and Toldi (measured minimum and maximum values) [28]

Termékcsoporth	µg/kg min	µg/kg max
Burgonyaszirom / <i>Potato crisp</i>	117	2764
Száritott élelmiszerek / <i>Dried foods</i>	11	1184
Ropogós snack / <i>Crisp</i>	11	1168
Sült hasábburgonya / <i>Fried potato</i>	70	1036
Csokoládék / <i>Chocolates</i>	45	909
Kekszek / <i>Biscuit</i>	41	504
Mogyoró mogyoróvaj / <i>Peanut peanut butter</i>	28	457
Mogyoró mogyoróvaj / <i>Peanut peanut butter</i>	28	457
Kenyér péksütemény / <i>Bread bakery products</i>	10	354
Gabonafélék / <i>Cereal foods</i>	47	266
Aprósütemények / <i>Cakes</i>	36	199
Fehérjetartalmú ételek / <i>Protein foods</i>	22	116
Bébiétel / <i>Baby food</i>	17	30

csökkentheti, de önmagában gátolja az enzimek működését, tehát topoizomeráz-inhibitornak tekinthető. Ha az akrilamiddal kezelt sejtenyészethez Ditioreitolt (két SH-csoportot tartalmazó kétértékű vicinális alkohol: $C_4H_{10}O_2S_2$) adagoltak, csökkent az akrilamid topoizomeráz gátló hatása. Ennek alapján feltételezik, hogy az akrilamid számára nemcsak a topoizomeráz enzimek jelentik a célpontot, hanem egyéb, a sejtszintű metabolizmusban részvevő, SH-csoportokat tartalmazó enzimek is [33].

A rendelkezésre álló szakirodalmi anyag bőséges forrást biztosít az akrilamid genotoxikus hatásmechanizmusának megértésére. Az ebben a fejezetben ismertetett néhány kísérleti eredmény arra utal, hogy e vegyület a molekuláris biológiai szinten zajló folyamatokat több helyen is támadni képes. Ennek alapján indokolt volt, hogy az Európai Bizottság lépéseket tett az akrilamid mennyiségének csökkentése érdekében a közfogyasztásra szánt élelmiszerekben.

3.4. Akrilamid-szabályozás az Európai Unióban

Az Európai Élelmiszer-biztonsági Hivatal (EFSA) az élelmiszerláncban előforduló szennyező anyagokkal foglalkozó tudományos testülete 2005. április 19-én az élelmiszerek akrilamid-tartalmáról nyilatkozatot fogadott el, amelyben jóváhagyta az élelmiszer adalékanyagokkal foglalkozó közös FAO-WHO szakértői bizottság (JECFA – Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) által 2005 februárjában elvégzett kockázatelemzést az élelmiszerek akrilamid tartalmáról. Ebben az értékelésben a JECFA megállapította, hogy az expozíciós határértékek az akrilamidot átlagos és nagy mennyiségben fogyasztók esetében alacsonyok voltak ahhoz képest, hogy genotoxikus és rákkeltő vegyületről van szó, ami az emberi egészség szempontjából aggodalomra ad

okot. Ezért továbbra is megfelelő erőfeszítéseket kell tenni annak érdekében, hogy az élelmiszerekben csökkenjen az akrilamid-koncentráció. Az EFSA 2005-ös nyilatkozata alapján az Európai Bizottság ennek szellemében első ajánlását az élelmiszerek akrilamid szintjének megfigyelése céljából 2007. május 3-án tette közzé [36].

2007 és 2010 között Az Élelmiszer- és Italgyártók Szövetsége (CIAA – Confederation of the Food and Drink Industry), a FDE (Food Drink Europe) jogelődje, olyan programot dolgozott ki az élelmiszergyártók számára, amelynek segítségével hatékonyan csökkenteni tudták volna termékeikben az akrilamid szintet. 2009-ben azonban megállapították, hogy az élelmiszeriparban nem voltak elégségesek az akrilamid szintek csökkentésére irányuló élelmiszergyártói intézkedések. A Bizottság ajánlását ezért 2010-ben átdolgozta, és a tagországok élelmiszerlánc-biztonsági szervezeteit további monitoring jellegű vizsgálatokra szólította fel. Tíz termékcsoporthban összesen 2042 darab termék vizsgálatát kérték a tagállamoktól [37].

Az áttörést a 2017. november 20-án hatályba lépett bizottsági rendelet jelentette [9]. Megállapították, hogy az akrilamid a 315/93/EGK tanácsi rendelet 2. cikkének meghatározása szerinti szennyező anyag, és mint ilyen, kémiai veszélyt jelent az élelmiszerláncban. A szennyező anyagot egészségügyi és különösen toxikológiai szempontból nem elfogadható mennyiségben tartalmazó élelmiszer pedig nem hozható forgalomba. Ezen túlmenően, a szennyeződéseket olyan alacsony szinten kell tartani, amely helyes gyakorlattal ésszerűen elérhető [38].

A Bizottság – tekintettel az akrilamid rákkeltő hatásaival kapcsolatos tulajdonságaira –, a rendeletben előírta, hogy azon élelmiszerek akrilamid tartalmát mér-

sékelni kell, amelyekben a nyersanyagok tartalmazzák az akrilamid prekursorait (főképpen aszparagint és redukáló cukrokat). A rendeletben részletes előírások találhatók a várhatóan nagy akrilamid-tartalom alapján érintett élelmiszerek technológiai jellemzőire (agrotechnika, raktározási körülmények, nyersanyagok előkészítése, sütési hőmérsékletek, ajánlott legkisebb nedvességtartalom stb.), illetve a megengedett legnagyobb akrilamid-szintekre. A rendeletben felsorolt főbb élelmiszercsoportok a következők [9]:

- Friss burgonyából készült hasábburgonya, egyéb darabolt (olajban sült) termékek és szeletelt burgonyaszirom,
- Burgonyaszirom, snack, sós keksz és burgonyapépéből készült egyéb burgonyás termékek,
- Kenyér,
- Reggeli gabonapelyhek (a zabkása kivételével),
- Finom-pékáru: aprósütemény, édes keksz, kétszersült, gabonaszelet, pogácsa, tölcsér, ostya, lángos és mézeskalács, valamint sós keksz, ropogós kenyér és kenyérpótlók. Ebben a kategóriában a kekszen szárazsütemény (gabonaliszt-alapú sült termék) értendő,
- Kávé (pörkölt kávé és instant kávé),
- Pótkávé,

- A 609/2013/EU Európai Parlamenti és Tanácsi Rendelet 1. cikke meghatározása szerinti bébiételek, csecsemőknek és kisgyermekeknek szánt feldolgozott gabonaalapú élelmiszerek;

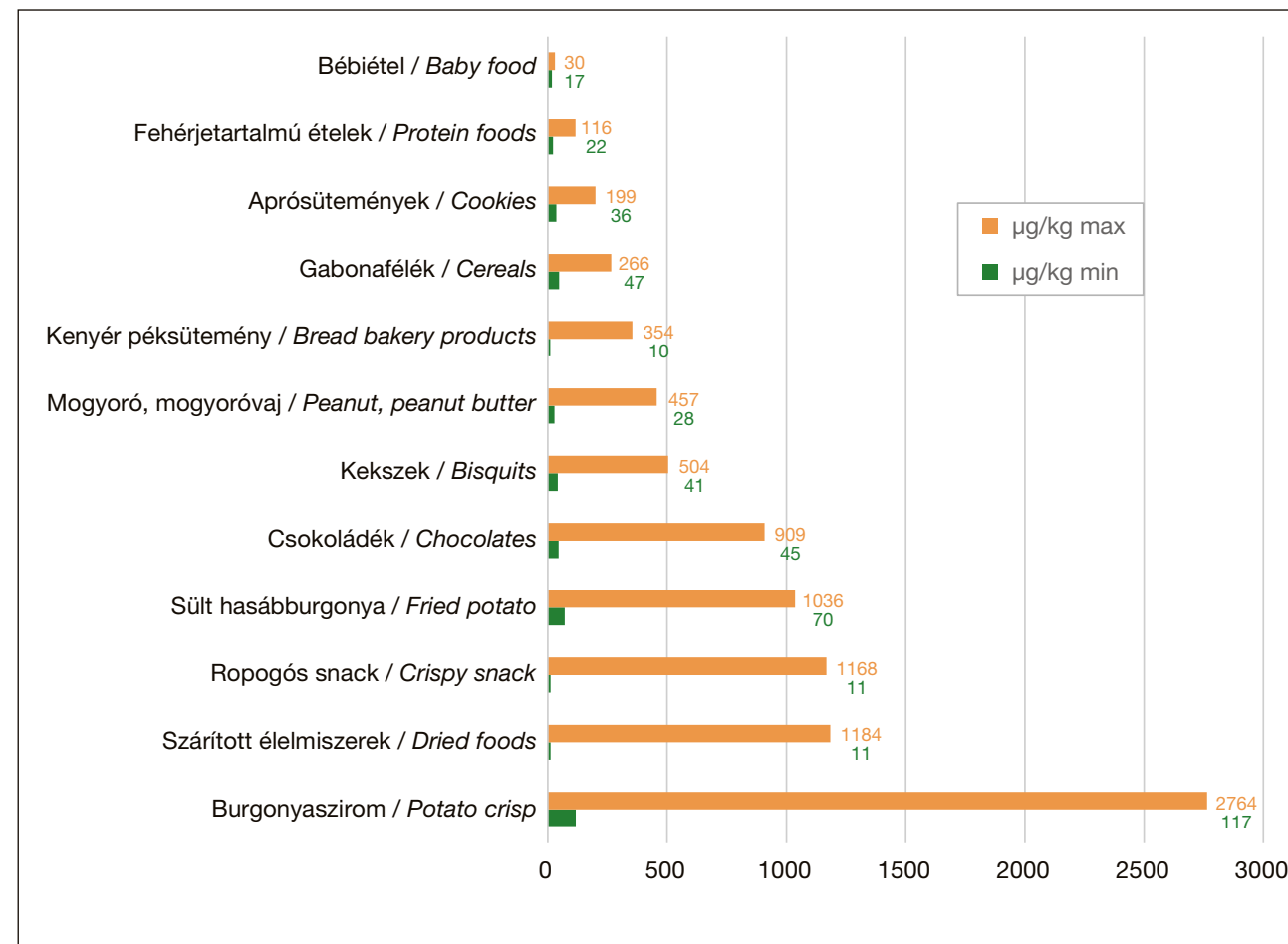
A 6. táblázatban a 2017/2158 Rendelet IV. mellékletének [9] referencia szintjeit foglaltam össze. A reggeli gabonapelyhekre, a pótkávékra és a csecsemők táplálására szolgáló élelmiszerek referencia szintjeivel kapcsolatos szabályozás részleteit a 6. táblázat nem tartalmazza.

Európai Bizottság az élelmiszerek akrilamid tartalmának csökkentésével kapcsolatos kockázat csökkentő intézkedések és referenciaszintek megállapításáról szóló rendeletében közzétett előírásokat 2018. április 11-től kell kötelezően alkalmazni.

3.5. Vizsgálati módszerek

Az akrilamid analitikájával kapcsolatos összegyűjtött irodalmi hivatkozásokból csak vázlatosan közlök néhányat. A részletes módszerek a hivatkozott forrásmunkákban tanulmányozhatók át.

Az élelmiszerekben felfedezett akrilamid tartalom meghatározására Tareke és munkatársai 2002-ben gázkromatográfiás és folyadékkromatográfiás technikát használtak [5].



8. ábra. Élelmiszercsoportok akrilamid-tartalma Kiss és Toldi közlése szerint (a mért legkisebb és legnagyobb értékek) [28]

Figure 8. Acrylamide content in several food groups published by Kiss and Toldi (measured minimum and maximum values) [28]

A gázkromatográfiás mérésekhez az akrilamidot 10 g mintából kiindulva laboratóriumi blender alkalmazásával 100 ml vízzel extrahálták. A szűrt kivonathoz N,N-dimetil-akrilamid belső sztenderdet adtak. A műszeres vizsgálat előtt a vegyületeket egy éjszakan keresztül brómmal származékolták 4 °C-on, majd a feleslegben maradt brómot nátrium-tioszulfáttal elbontották. A bróm sárga színének eltűnése után a reakcióelegyhez nátrium-szulfátot adtak és a bómozott származékokat etilacetát/hexán 1:4 arányú elegyével extrahálták. A kapott oldatot bepárolták, majd végtérfigatát 200 µg/L-re állították be. A minták komponenseit hőmérséklet program és 30 m × 0,25 mm, 0,25 µm filmvastagságú kapilláris oszlop (BPX-10 fused silica) alkalmazásával választották szét és tömegszelektív detektorral detektálták.

A folyadékkromatográfiás analízis során a fentebb leírt módon készített vizes extraktumhoz 1 mL, 1 µg/mL koncentrációjú ¹³C₃ izotóp-jelzésű akrilamid belső sztenderdet adtak. A kivonatot kétszer centrifugálták, majd annak 3 mL-ét egy acetonitrillel aktivált, vízzel kétszer mosott SPE-oszlopra vitték (Isolute Multi-Mode SPE column, 300 mg). Az eluálódó mintarézből

1 mL-t előtötték, és a maradékot 0,45 µm pórusát-mérőjű szűrőn előszűrték. Ezt követően az oldatból 500 µL-t ultraszűrőn engedték keresztül (Millipore Microcon YM-3). A folyadékkromatográfiás elválasztást 200 µL mintahányadból végezték el egy (50 × 2,1 mm, 5 µm) ThermoHypersil oszlopon. A detektálást pozitív ESI ionforrás alkalmazásával MS/MS rendszerrel végezték. Az akrilamidot MRM (Multiple Reaction Monitoring) rendszerben azonosították. A 72 tömegszámú [M+H]⁺ prekursor ion 54 [H₂C=CH-C=NH]⁺ (ütközési energiája: 16 eV) és 55 [H₂C=CH-C=O]⁺ (ütközési energiája: 11 eV) m/z átmenetekkel fragmentálódott. Az ionok intenzitása rendre 1:35-nek adódott ±20% bizonytalansággal. A mennyiségi meghatározáshoz az 55 m/z (tömeg/töltés) átmenet adatait használták. A mennyiségi meghatározáshoz 10 – 5000 µg tartományban vették fel a kalibrációs görbét. A detektálás alsó határa (LOD) a gázkromatográfiás méréseknél 5, a folyadékkromatográfiás analíziseknél 10 µg/kg volt 100%-hoz közeli visszanyeréssel és mintegy 5% szórással [5].

Liu és munkatársai tea minták akrilamid tartalmának méréséhez tandem LC/MS/MS rendszert alkalmaztak.

5. táblázat. RASFF notifikációk magas akrilamid (AA)-tartalom miatt 2009-2018 között [23]
Table 5. RASFF notifications caused by high acrylamide (AA) content between 2009 and 2018 [23]

Eset dátuma Date of case	Bejelentő ország Notifying country Referencia Reference	Tárgy / Subject Akrilamid tartalom (AA) Acrylamide content (AA)	Termékcsoport Product category	Kockázat fokozata Risk decision
2018.02.12 12.02.2018	Horvátország Croatia 2018.0359	944 µg/kg AA szárazsüteményekben (BIH) / Cookies from BIH	Édesipar Confectionery	Nem nagy Not serious
2017.12.18 18.12.2017	Horvátország Croatia 2017.CHJ	812 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.12.18 18.12.2017	Horvátország Croatia 2017.CHH	854 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.12.13 13.12.2017	Horvátország Croatia 2017.CGP	717, 1087 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.12.12 12.12.2017	Horvátország Croatia 2017.CGL	904 µg/kg AA snackekben (SRB) Snacks from SRB	Édesipar Confectionery	Nem nagy Not serious
2017.12.12 12.12.2017	Horvátország Croatia 2017.CGM	849 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.11.27 27.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CDV	887, 863 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.11.27 27.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CDT	975, 700 µg/kg AA kekszekben (SRB) Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.11.23 23.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CDE	930, 1104, 927 µg/kg AA kekszekben (SRB) / Biscuits from SRB	Édesipar Confectionery	Nem nagy Not serious
2017.11.23 23.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CDF	686 µg/kg AA teljes kiőrlésű kekszekben (SRB) Whole wheat Biscuits from SRB	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.11.16 16.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CBF	1161 µg/kg AA kekszekben (BIH) Biscuits from BIH	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious
2017.01.08 08.11.2017	Horvátország Croatia 2017.CZK	655 µg/kg AA kekszekben (BIH) Biscuits from BIH	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Nem nagy Not serious

Eset dátuma Date of case	Bejelentő ország Notifying country Referencia Reference	Tárgy / Subject Akrilamid tartalom (AA) Acrylamide content (AA)	Termékcsoport Product category	Kockázat fokozata Risk decision
2017.11.07 07.11.2017	Horvátország Croatia 2017.BZF	730 µg/kg AA szendvics kekszekben és krékerekben (BIH) Sandwich Biscuits from BIH	Édesipar Confectionery	Nem nagy Not serious
2017.11.03 03.11.2017	Horvátország Croatia 2017.BYE	732, 735, 846, 1011 µg/kg AA szendvics kekszekben (BIH) Crackers and Biscuits from BIH	Édesipar Confectionery	Nem nagy Not serious
2017.09.22 22.09.2017	Hollandia Netherlands 2017.1501	2803 µg/kg AA alma aromás kekszekben (B) Biscuits with apple flavour from B	Különleges táplálkozási igényű dúsított élelmiszer Dietetic fortified supplement foods	Jelentős (riasztás) Serious (alert)
2017.06.07 07.06.2017	Belgium 2017.0975	4757, 2062 µg/kg AA alma aromás kekszekben (B) Biscuits with apple flavour from B	Különleges táplálkozási igényű dúsított élelmiszer Dietetic fortified supplement foods	Jelentős (riasztás) Serious (alert)
2016.12.16 16.12.2016	Horvátország Croatia 2016.16/12	1020 µg/kg AA babapiskótában (HR) Baby Biscuits from HR	Gabona-sütőipar Cereals and bakery	Jelentős (riasztás) Serious (alert)
2013.02.03 03.02.2013	Málta Malta 2013.0161	1600 µg/kg AA burgonya chips-ben (IT) Potato chips from IT	Készételek, snack Prepared food and snacks	Nem nagy Not serious
2011.10.20 20.10.2011	Lengyelország Poland 2011.1470	1416 µg/kg AA burgonya chips-ben (CZ) Potato chips from CZ	Készételek, snack Prepared food and snacks	Nem határozta meg Undecided
2009.07.27 27.07.2009	EU Bizottság Commission Services 2009.0981	5900, 5000 µg/kg AA burgonya chips-ben tengeri sóval (UK) Potato chips with sea salt from UK	Készételek, snack Prepared food and snacks	Nem határozta meg Undecided

A táblázatban alkalmazott rövidítések / Abbreviations in the table 5.: BIH: Bosznia és Hercegovina / Bosnia and Herzegovina; SRB: Szerbia / Serbia; B: Belgium; HR: Horvátország / Croatia; IT: Olaszország / Italy; CZ: Csehország / Czech republic; UK: Egyesült Királyság / United Kingdom

Belső sztenderdként szintén ¹³C₃ izotópjelzett molekulát használtak. Az extrakciót szobahőmérsékleten első lépésben 10 mL vízzel, második lépésben 10 mL acetonitrillel végezték. Az acetonitrilek extraktum 9 mL-ét 0,5 mL-re bepárolták, majd az akrilamidot Oasis MCX SPE oszlopon kötötték meg. A műszeres mérés LOD értéke 1, a mérések alsó határa (LOQ) 5 ng/mL a visszanyerés 74-79% közötti érték volt. A teák vizsgálatához kidolgozott módszerrel a teák anyagára átszámítva 20 ng/g (20 µg/kg) detektálási határt (LOD) érték el. Mérési eredményeik így az LOD és 100 µg/kg közé estek [39].

Ishizuka és munkacsoportja poliakrilamid vizsgálatát végezte – többek között – kozmetikai készítmények mintáiból. Beszámolójuk szerint módszerük élelmiszerminták vizsgálatára is alkalmas lehet. A poliakrilamid minták előkészítésére kombinált szilárdfázisú mikroextrakció és gőztéranalízist (HS/SPME – Head Space/Solid Phase Micro Extraction) dolgoztak ki. A vizes poliakrilamid mintákat 2-metilakrilamid belső sztenderddel keverve 60 °C-on 10 percen keresztül termosztálták, majd a gőztérbe került vegyületeket 60 percen keresztül CAR/PDMS (Carboxen-polydimethylsiloxane) szálra adszorbeálták. A szálra

kötődött akrilamid-polimereket 10 percen keresztül a nitrogén-foszfor detektorral ellátott gázkromatográf 200 °C hőmérsékletű splitless injektorában deszorbeáltatták. Az elválasztást hőmérséklet-programozott üzemmódban 30 m × 0,25 mm 0,25 µm ZB-WAX fused silica oszlopon végezték. A mérőgörbét 20% poliakrilamidot tartalmazó oldatból 0,1-2,0 µg/mL tartományban vették fel. A visszanyerés meghatározása céljából 1 mL 25%-os poliakrilamid oldathoz 100 µL (10 µg/mL) koncentrációjú vizes akrilamid oldatot adtak 2-metilakrilamid belső sztenderd kíséretében (50 µg/mL). A nitrogén-foszfor detektálás mellett az akrilamid meghatározásához alternatívan tömegszelektív detektort is alkalmaztak egy 60 m × 0,25 mm, 0,25 µm filmvastagságú DB-Wax oszlop használatával [40].

Az akrilamid élelmiszerekből való meghatározása kis molekulatömege (71,08 Da), hiányzó kromofor tulajdonsága, nagy polaritása, jó vízzoldhatósága, markáns reakcióképessége és csekély illékonyasága miatt meglehetősen kényelmetlen feladat. A laboratóriumok által használt gázkromatográfiás elválasztáshoz brómozott származékot kell készíteni. A folyadékkromatográfiás elválasztást pedig számos, az akrilamiddel

6. táblázat. A 2017/2158 EK Rendelet IV. mellékletének akrilamid referencia-szintjei [9]
Table 6. Acrylamide benchmark levels of Appendix IV of Regulation 2017/2158 (EU) [9]

Élelmiszer / Food product	Referen- cia-szint Reference level µg/kg
Hasábburgonya (azonnal fogyasztható) / French fries (ready-to-eat)	500
Friss burgonyából és burgonyapépből készült burgonyaszírom / Potato crisps from fresh potatoes and from potato dough	750
Burgonyaalapú keksz / Potato-based crackers	750
Burgonyapépből készült egyéb burgonyás termékek / Other potato products from potato dough	750
Kenyér, búzából készült kenyér / Wheat based bread	50
Kenyér, búzától eltérő alapanyagból készült kenyér / Soft bread other than wheat based bread	100
Reggeli gabonapelyhek (a zabkása kivételével) - Korpából készült termékek és teljes kiőrlésű ga- bonából készült gabonapehely, puffasztott gabona / Breakfast cereals (excl. porridge) - bran prod- ucts and whole grain cereals, gun puffed grain	300
Reggeli gabonapelyhek (a zabkása kivételével) - Búzából és rozsból készült termékek* / Breakfast cereals (excl. porridge) - wheat and rye based products *	300
Reggeli gabonapelyhek (a zabkása kivételével) - Kukoricából, zabból, tönkölybúzából, árpából és rizsből készült termékek / Breakfast cereals (excl. porridge) - maize, oat, spelt, barley and rice based products*	150
Édes keksz és ostya / Biscuits and wafers	350
Sós keksz, a burgonyaalapú keksz kivételével / Crackers with the exception of potato based crackers	400
Ropogós kenyér / Crisp bread	350
Mézeskalács / Ginger bread	800
Az e kategóriába tartozó egyéb termékekhez hasonló termékek (édes keksz, ostya stb.) Products similar to the other products in this category	300
Pörkölt kávé / Roast coffee	400
Instant (azonnal oldódó) kávé / Instant (soluble) coffee	850
Pótkávék, kizárólag gabonafélékből készült pótkávé / Coffee substitutes, coffee substitutes exclu- sively from cereals	500
Pótkávék, gabonafélék és cikória keverékéből készült pótkávé / Coffee substitutes, coffee substi- tutes from a mixture of cereals and chicory	*
Pótkávék, kizárólag cikóriából készült pótkávé / Coffee substitutes, coffee substitutes exclusively from chicory	4000
Bébiételek, csecsemők és kisgyermekek számára készült feldolgozott gabonaalapú élelmiszerek, a keksz és a kétszersült kivételével / Baby foods, processed cereal based foods for infants and young children excluding biscuits and rusks*	40
Csecsemők és kisgyermekek számára készült keksz és kétszersült / Biscuits and rusks for infants and young children*	150

* A reggeli gabonapelyhekre, a pótkávékra és a csecsemők táplálására szolgáló élelmiszerek referencia-szintjeivel
kapcsolatos szabályozás részleteit a 6. táblázat nem tartalmazza.
* The details of measures of reference levels related to the breakfast cereals, coffee substitutes and infant formulas the
table 6. doesn't contain.

együtt extrahálódó vegyület zavarhatja. A nagyfel-
bontású HPLC-hez kapcsolt Quadrupol-Orbitrap
hibrid tömeg-analizátor (HPLC-Q-Orbitrap) alkalm-
zása bővítheti a vegyület analitikai lehetőségeinek
tárházát. Pugayeva és munkatársai [41] QuEChERS
(Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe) módszer-
en alapuló tisztítással kapott extraktumokat egy
100 × 3,0 mm, 5 µm szemcseméretű állófázist tartal-
mazó Phenomenex (Torrance, USA) oszlopon gradi-
ens elúcióval UPLC készüléken választotta el. Az „A”
eluens hangyasav 0,1%-os vizes oldata, a „B” eluens
pedig ugyancsak hangyasav 0,1%-os acetonitriles

oldata volt. Az extraktumokból 10 µL-t injektáltak a
HPLC készülék loop-jába. Eljárásukkal a legkisebb
validált akrilamid-szint pörkölt kávéból 10 µg/kg volt.

A rendszer ionforrása egy pozitív ionizációs módú,
nagyhőmérsékletű elektropray egység volt
(H-ESI-I – Heated Electrospray Ionisation). A pre-
kurzor ion m/z értéke 72,0444 Da, a belső szten-
derdként használt D₃-akrilamid estében pedig
75,0632 Da volt (ne felejtjük el, nagyfelbontású
MS-rendszerről beszélünk). A szkennelési tartományt
50 és 80 m/z közötti tömegszámra állították be.

A homogenizált mintákat 10 mL vízzel és 10 mL
acetonitrillel extrahálták. Az extraktumokhoz mag-
nézium-szulfátot és nátrium-kloridot adtak, alapos
rázás után centrifugálták, majd az acetonitriles ki-
vonathoz 200 mg PSA-t (Primary Secondary Amine)
és 600 mg magnézium-szulfátot adtak. A keveré-
ket vortexezés után centrifugálták, majd a felülúszó
2 mL-ét 3 mL acetonitrillel aktivált, vákuummal szár-
rított Strata NH₂SPE oszlopon engedték át vákuum
használatával nélkül. A HPLC-Q-Orbitrap elválasztást
az SPE oszlopról lecsepegtető eluátumból végezték.
Az elválasztáshoz hidrofíli kölcsönhatású oszlopot
(HILIC – Hydrophilic Interaction Chromatography)
használtak. A tömegspektrometriás detektálást cél-
zott MS2 módban végezték. A vizsgálni kívánt io-
nokokat a Quadrupol egységgel szűrték, a HCD (High
Energy Collision Dissociation) cellában fragmentál-
ták, majd a C-trap (Cross-section trap) egységben
gyűjtötték össze. Az azonosításhoz és mennyiségi
meghatározáshoz a 72,0 → 54,9 és 75 → 58,0 m/z át-
meneteket vették alapul (utóbbi a D₃-akrilamid belső
sztenderd átmenete). A mérőgörbét 10 – 500 µg/kg
tartományban vették fel. A különböző kávéminták
addicionált akrilamid-tartalmát három napon keresz-
tül jól reprodukálhatóan voltak képesek mérni 10, 50,
200 és 450 µg/kg tartományban. Az átlagos RSD_r-ér-
tékek 6 ismétléssel a növekvő koncentrációkkal
addicionált mintáknál rendre 7,8, 4,6, 3,5 és 2,3 %
értékűek voltak. A visszanyerés 100-111%-os tarto-
mányban maradt. A visszanyerés valós kávéminták
elemzésénél 99 és 109% közé esett. Munkájuk során
22 kávé márkát elemeztek. A különböző pörköltésű
kávéminták akrilamid-tartalma a 166 és 503 µg/kg
közötti tartományba esett [41].

A nagy zsírtartalmú élelmiszerek akrilamid tartalmá-
nak meghatározása a vegyület nagy polaritása és
reakció-készsége miatt nehéz. Az akrilamid ugyanis
érzékeny a magas hőmérsékletre, az ultrahangra, a
kémhatásra, a mikroorganizmusok bontó aktivitásá-
ra és az együtt extrahálódó zavaró vegyületekre. Li
és munkatársai [42] a különböző élelmiszermintákat
(burgonyaszírom, burgonya chips, kréker) húsdará-
lóval aprították, homogenizálták, majd n-hexánnal
zsírtalanították. A zsírtalanított mintákat 2 mol/L vizes
nátrium-klorid oldattal extrahálták. Az extraktumokat
centrifugálták, majd a felülúszó részt 100-100 µL Car-
rez I, illetve Carrez II oldattal derítették. A derítés után
ismét centrifugáltak, majd a felülúszót etilacetáttal
extrahálták. A szerves fázishoz vizet adtak, és nitro-
génáramban 500 µL térfogatra bepárolták (megjegy-
zés: szárazra párolás hatására az akrilamid a mintá-
ban bomolhat). A végső térfogatot vízzel 2,0 mL-re
állították be. A kivonat szennyezőanyagait Oasis HLP
(6 mL, 200 mg) SPE oszlopon való átvezetéssel távo-
lították el, végül az extraktumot 0,22 µm pórusméretű
szűrőkorongon szűrték. A nagyobb zsírtartalmú min-
ták esetében Oasis MCX (3 mL, 60 mg) SPE oszlopon
tisztítva érték el jobb visszanyerési értékeket.

Az elválasztást, azonosítást és mennyiségi meg-
határozást UHPLC-MS/MS rendszeren végezték

Chrome-Matrix C18 (2,6 µm, 2,1×100 mm) oszlop
használatával. Az elválasztást gradiens módban vé-
gezték. A lineáris gradiens elúció alapadata 0,1%
hangyasav-oldat volt, amelyhez 1,0-15% metanolt
kevertek. Az elválasztás végén az oszlopot 15-100%
metanol-0,1% hangyasav oldatával tisztították.

Az elválasztásokat Atlantis dC18 (3 µm, 4,6×150 mm)
oszlopon is elvégezték. A lineáris gradienst ebben
az esetben 0,1% hangyasavas alapoldathoz adagolt
80-100% metanollal állították elő. Az elválasztás
után az oszlopot 100% metanollal mosták. A szer-
zők tapasztalata szerint a Chrome-Max C18 (2,6 µm,
2,1×100 mm) oszlop analitikai teljesítménye bizonyult
jobbnak kísérleteik során.

Az elválasztott molekulákat pozitív ESI forrásban ioni-
zálták, a tömegspektrometriás adatokat MRM mód-
ban gyűjtötték. A felvett mérőgörbe 2 – 800 ng/mL
tartományban volt lineáris. Chrome-Matrix C18
(2,6 µm, 2,1×100 mm) oszlop használata mellett a
mérések LOD-értéke 2, LOQ-értéke pedig 4 µg/kg
volt. A mérési eredmények szórása (RSD) nem ha-
ladta meg a 3,3 %-ot. Az átlagos visszanyerés 89%
felett volt [42].

Az akrilamid élelmiszerekben való meghatározására
nemcsak kromatográfiai technikák alkalmasak. Hu
munkacsoportjával [43] fluoreszcenciás immunas-
say elven alapuló módszert dolgozott ki elektroké-
miai bioszenzor alkalmazásával. A módszer a N-ak-
riloxi-szukcinimiddal (NAS) módosított vízdoldható
amino-CdSe/ZnS QDs (λ_{em}=600 nm) félfvezető nano-
részecskék (QD = Quantum Dot) fluoreszcens fényki-
bocsátása változásán alapul (NAS-QDs). A NAS-QDs
komplexet difenil-(2,4,6-trimetilbenzoil)-foszfin (TPO)
fotoiniciátor jelenlétében UV fénnel polimerizáltak.
A polimernek önmagában alacsony a fluoreszcen-
ciás fénykibocsátása. Ha a rendszerhez akrilamidot
adtak, számottevően nőtt a polimerizált NAS-QDs
komplex fluoreszcenciája. A vizsgálat során mintából
a HPLC technikához megszokott módon vonták ki
az akrilamidot. A módszer LOD-értéke 3,5×10⁻⁵ g/L
(35 µg/L), amely megfelelt a burgonya chips-ek és
különbféle sütemények vizsgálatánál támasztott ér-
zékenységi követelményeknek. A módszer külön-
előnye, hogy az eredményt az akrilamidhoz hason-
ló szerkezetű molekulák az L-aszparagin kivételével
lényegében nem zavarják [43].

4. Anyag és módszer

4.1.1. A Wessling laboratóriumaiban használt
módszerek irodalmi forrásai

Az akrilamid élelmiszerekből történő kimutatására és
mennyiségi meghatározására a WESSLING Hungary
Kft. Élelmiszerbiztonsági Üzletágának laboratóriumá-
ban alkalmazott módszer alapját Hoenecke és mun-
katársai [44], valamint Mastovska és munkatársai
[45], közleményei képezték.

A Hoecke-kutatócsoport által közölt egyik módszerrel különböző ételek, például burgonyapüré, sült burgonya, gabona, kenyér, pörkölt kávé mintái könnyen vizsgálhatók. Másik, az előbbinél összetettebb eljárásokból álló módszerükkel az ezeknél bonyolultabb mátrixok, például kakaó, oldható kávé, melasz vagy maláta analízise is lehetséges. Előkészített mintáikat GC-MS/MS technikával analizálták. A tömegspektrometriás vizsgálatnál az akrilamid két tömegátmenete alapján 1 µg/kg érzékenységet is el lehet érni. A rutin laboratóriumi gyakorlatban a gázkromatográfiás technikával 5 µg/kg, a folyadékkromatográfiás technikával 30 µg/kg alsó méréshatárral (LOQ) lehet számolni. A mérések variációs koeficiensei mátrixtól függően 3-12% tartományba estek [44]. Mastovska és munkatársa módszerében acetonitril-víz elegyével extrahálnak, majd a zsírtalanításhoz n-hexánt használnak. Az extrakciónál az akrilamid az acetonitriles fázisba oldódik bele. A kivonat összerázása, rövid centrifugálása után a felülülő n-hexános oldatot elöntik, majd az acetonitriles oldat 1 mL-éhez PSA (Primary Secondary Amine) szorbenst és vízmentes magnézium-szulfátot adnak. Az így kapott extraktumot viszik az elválasztó rendszere. A tömegspektrometriás elemzéshez pozitív ESI forrást használnak [45].

A Magyar Szabványügyi Testület 2015-ben honosította és 2015 augusztusában adta ki az EN 16618:2015 számú, az akrilamid élelmiszerekben történő meghatározásának vizsgálati módszerét leíró nemzetközi szabványt [46]. Akkreditált vizsgálatainkat e szabvány előírásai alapján végezzük.

4.1.2. Készülékek és eszközök

- 50 mL-es és 10 mL-es polipropilén centrifugacsövek,
- Horizontális rázóógép,
- Vortex készülék,
- Centrifuga,
- Mérőlombikok 5, 10, 50 mL térfogatban,
- Kalibrált automata pipetta (100-1000 µL),
- Hamilton-fecskendők (5, 100, 500, 1000 µL),
- Analitikai mérleg (0,1 mg pontosságú),
- HPLC készülék tandem tömegszelektív detektorral;

4.1.3. Vegyszerek, referencia anyagok

- Hangyasav (HPLC tisztaságú),
- n-Hexán (HPLC tisztaságú),
- Acetonitril (HPLC tisztaságú),
- HPLC tisztaságú víz (pl. Milli Q),
- Magnézium-szulfát, vízmentes,
- Nátrium-klorid,
- PSA (primer szekunder amin szorbens),
- A-eluens: 1 mL hangyasav + 5 mL acetonitril 1 L Milli Q vízben,
- B-eluens: acetonitril,

- SPE-oszlopok (multimode polisztirol-divinilbenzol apoláros erős anion- és kationcserélő, 1000 mg/6 mL),
- Akrilamid standard (Sigma-Aldrich katalógusszám: A3553),
- D₃-Akrilamid standard (Sigma-Aldrich katalógusszám: 636568),
- 1,2,3-¹³C₃-akrilamid 10 mg/L vizes oldata (Sigma-Aldrich katalógusszám: A586617);

4.1.4. Mintaelőkészítés saját vizsgálati módszerünkkel

A vizsgálatokhoz 2 g mintából indultunk ki. Egy 50 mL-es, zárható centrifugacsőben az addicionált mintákhoz 500 µg akrilamidnak megfelelő referencia oldatot és 500 µg D₃-akrilamidnak megfelelő belső sztenderd oldatot, majd 5 mL n-hexánt adtunk és alaposan összeráztuk. Az elegyhez 10 mL Milli Q vizet, 10 mL acetonitrilt, 4 g vízmentes magnézium-szulfátot, 0,5 g nátrium-kloridot adtunk, 5 perces rázás után 10 percig 3700 fordulatszámon centrifugáltuk.

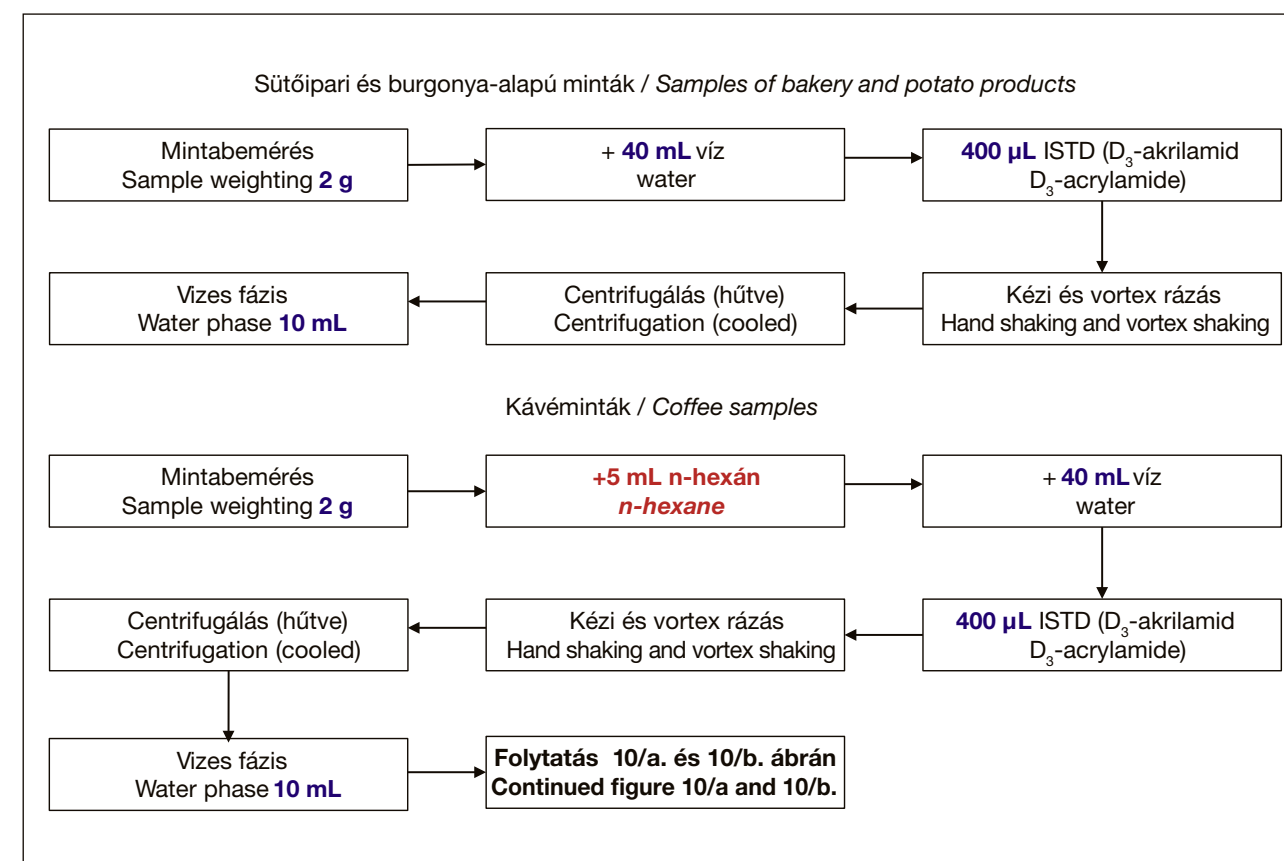
A centrifugálás után az acetonitriles fázisból egy 10 mL-es centrifugacsőbe 1 mL-t pipettáztunk, amelyben 50 mg PSA és 150 mg magnézium-szulfát volt. 10 másodperces vortexelés után a cső tartalmát további 2 percig 3700 RCF-en centrifugáltuk, majd az akrilamidot tartalmazó fázist fényvédő fiolába pipettáztuk, lezártuk és a mérésekig hűtve tároltuk.

4.1.5. Mintaelőkészítés az MSZ EN 16618:2015 sz. szabvány alapján

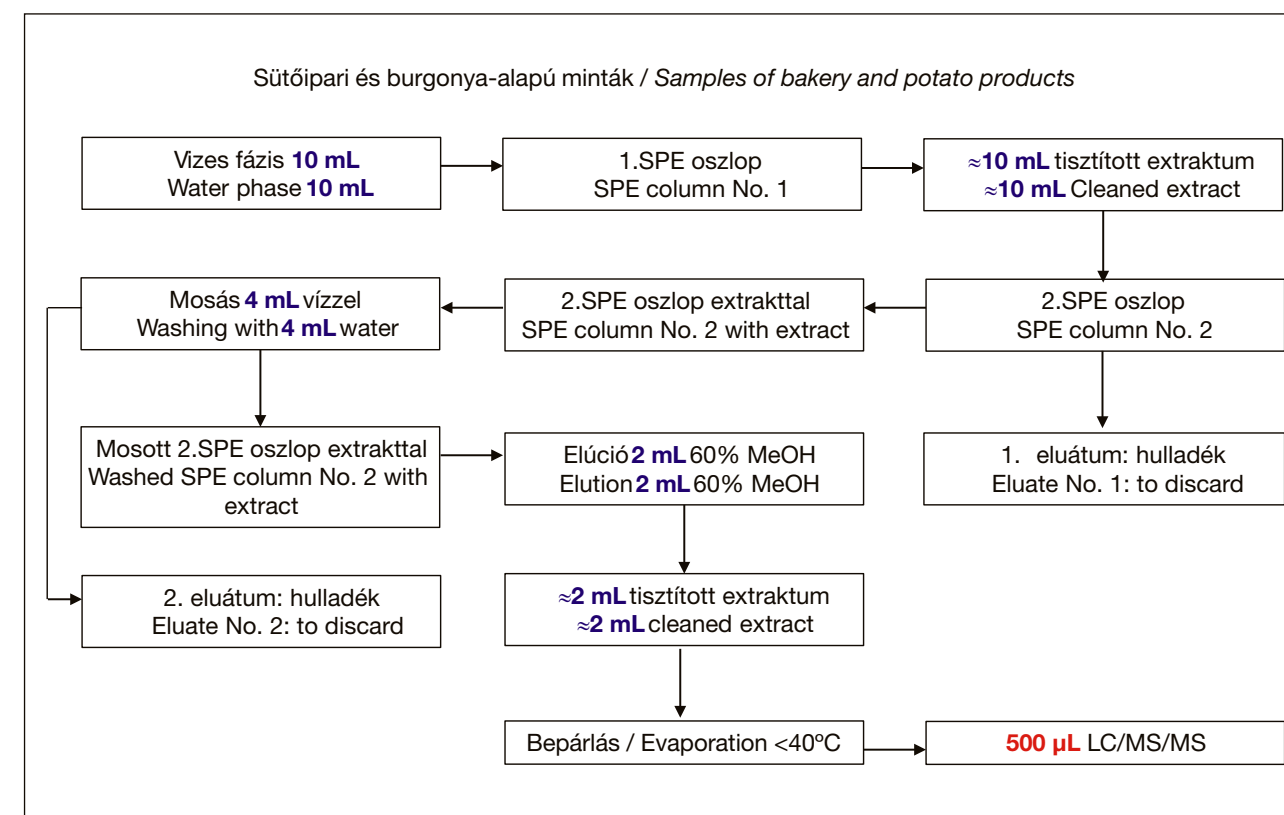
Mivel a hivatkozott forrás [46] mindenki számára könnyen hozzáférhető, ezért a szabványos vizsgálat extrakciós lépéseit diagram formájában vázlatosan közlöm. A 9. ábrán a sütőipari és burgonya alapú termékek szabványos extrakciós eljárásának lépései láthatók. A szabvány szerint a sütőipari és burgonya alapú termékek külön zsírtalanítás nélkül is extrahálhatók, a kávé minták esetében azonban szükség van a n-hexános lépésre.

A 9. ábra szerinti vizes extraktumokat 2 db SPE-oszloppal tovább tisztítottuk. A szilárdfázisú extrakciós oszlopon előírt tisztítás lépéseit a 10/a. és 10/b. ábrák tartalmazzák a sütőipari és burgonya-, illetve a kávétermékekre.

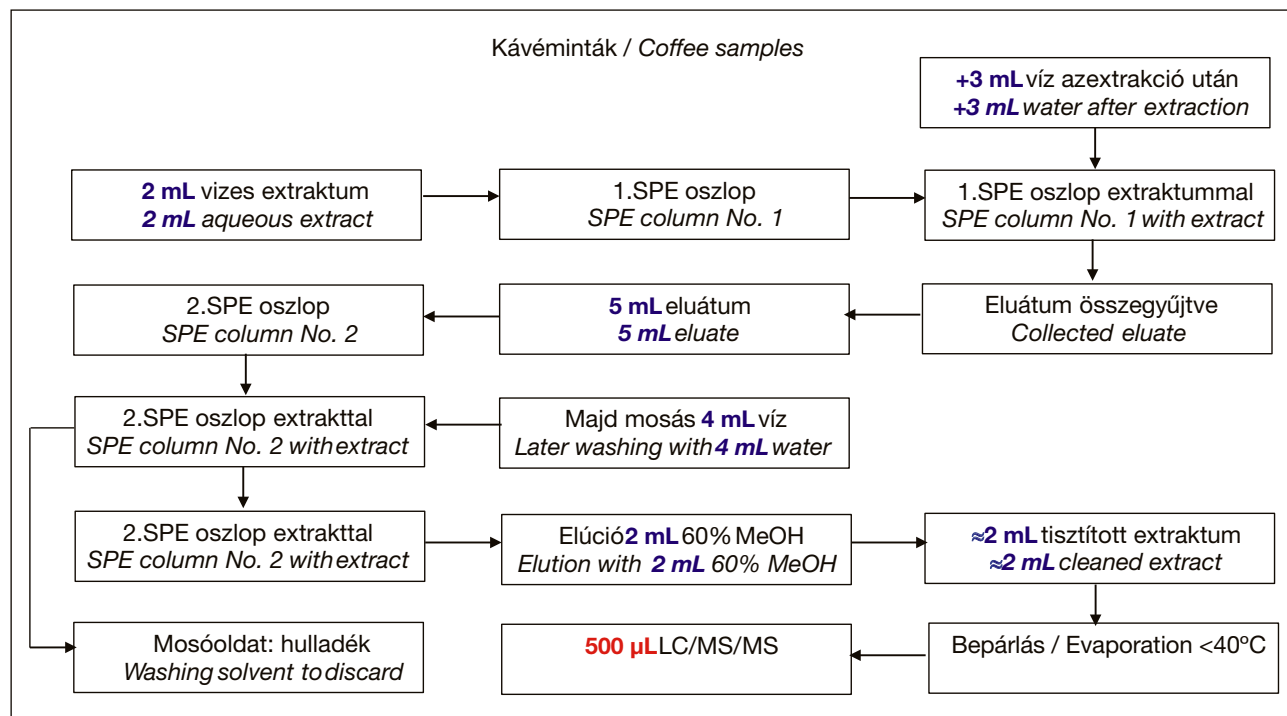
Az extraktumok tisztításához alkalmazott 1. számmal jelzett SPE oszlopokat használat előtt 3 mL metanollal majd 2 × 6 mL vízzel kondicionáltuk. A 2. számmal jelzett SPE oszlopok kondicionálása 5 mL metanollal, majd 5 mL vízzel történt. A mintát vákuum alkalmazása nélkül 30 csepp/perc sebességgel hagytuk a tölteten átfolyani. A kromatográfiás elválasztáshoz és a mennyiségi meghatározáshoz valamennyi extraktum térfogatát 500 µL térfogatra állítottuk be legfeljebb 40 °C hőmérsékletű blokktermosztát használatával.



9. ábra. Sütőipari, burgonya-alapú és kávétermékek MSZ EN 16618:2015 szabvány szerinti extrakciós lépései [46]
Figure 9. Extraction steps of bakers' wares, potato-based and coffee products using standard MSZ EN 16618:2015 [46]



10/a. ábra. Sütőipari, burgonyaalapú termékek extraktumának az MSZ EN 16618:2015 szabvány szerinti SPE oszlopos tisztítási lépései [46]
Figure 10/a. SPE column clean-up steps of the extracts of bakers' wares and potato-based products according to standard MSZ EN 16618:2015 [46]



10/b. ábra. Kávé és kávékészítmények extraktumának az MSZ EN 16618:2015 szabvány szerinti SPE oszlopos tisztítási lépései [46]
Figure 10/b. SPE column clean-up steps of the extracts of coffee and coffee-based products according to standard MSZ EN 16618:2015 [46]

4.1.6. Vízminták előkészítése

A vízmintákból 1 mL-t pipettáztunk egy 2 mL-es reakcióedénybe (vial), majd Hamilton fecskendővel 10 µL $^{13}\text{C}_3$ -akrilamid belső sztenderdet adtunk hozzá. A gázkromatográfiás mérésekhez ezt az oldatot használtuk.

4.1.7. A mérőgörbe oldatainak koncentrációi, a mérések minőségbiztosítása

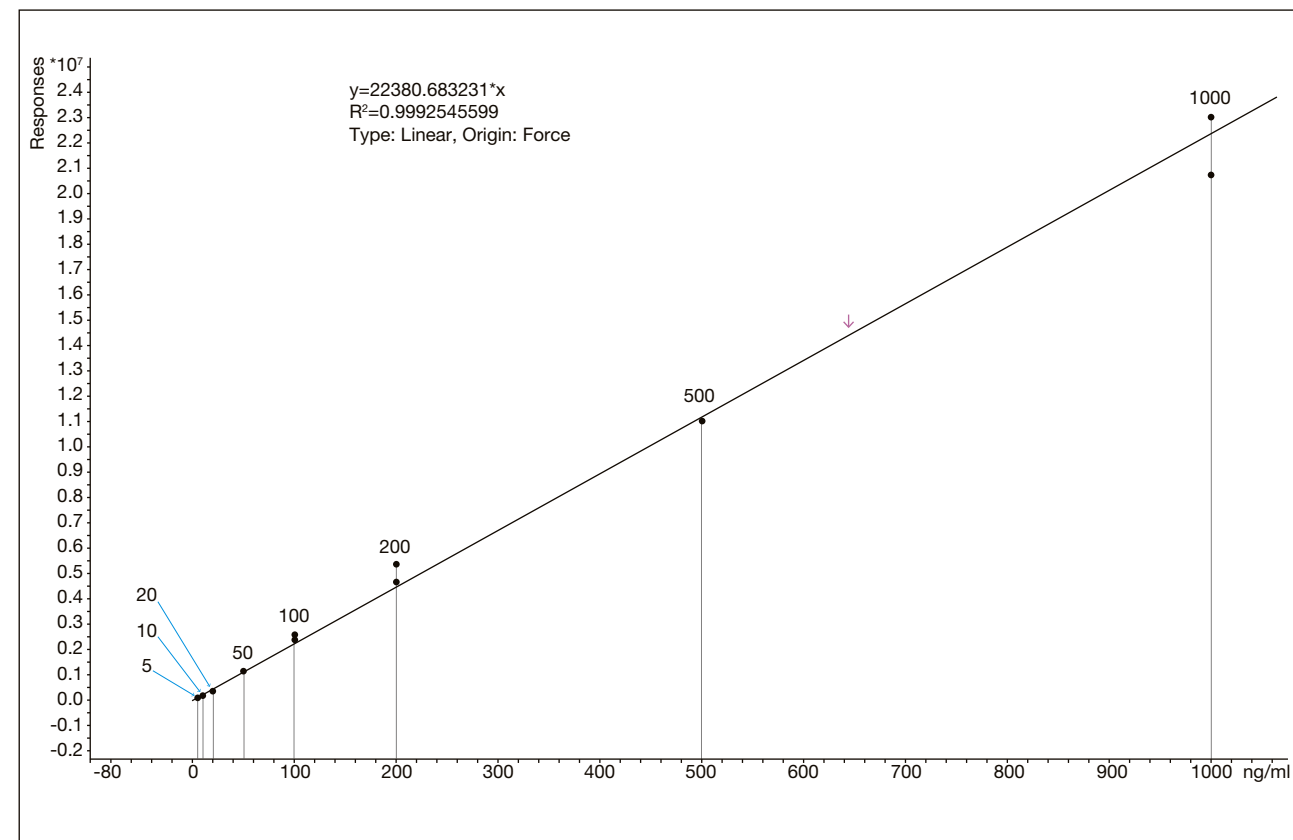
A vizsgálatokhoz acetonitrillel 1,0 mg/mL akrilamid és 100 µg/mL D_3 -akrilamid törzsoldatokat készítettünk. A törzsoldatokat fénytől elzárva -20 °C-on legfeljebb két évig tároltuk. A törzsoldatokból munkaoldatokat, majd kalibrációs oldatokat készítettünk. A mérésekhez két kalibráló sorozatot készítettünk. A mérőgörbét 5 és 1000 µg/kg tartományba vettük fel.

A vizsgálatok során minden mérési sorozatban sztenderd adalékos mintákat is mértünk, sorozatonként 3 kalibrációs ponttal dolgoztunk. A kalibráció aktuális állapotát csak az $r^2 > 0,99$ regressziós érték esetén fogadtuk el. A visszanyerési értékek elfogadási tartománya 70% – 120% volt. A végeredményeket az elfogadási tartományon belüli visszanyerés értékekkel korrigáltuk. Az ismeretlen adalékos minták MRM ionarányai legfeljebb 20%-ban térhettek el a sztenderdek azonos paraméterekkel mért MRM ionarányaitól. A célkomponensek elfogadott retenciósideje $\pm 2,5\%$ határon belül volt a kalibráló oldatok komponenseinek retenciósideihez képest. A 2009 és 2017 közötti időben vizsgált élelmiszer- és

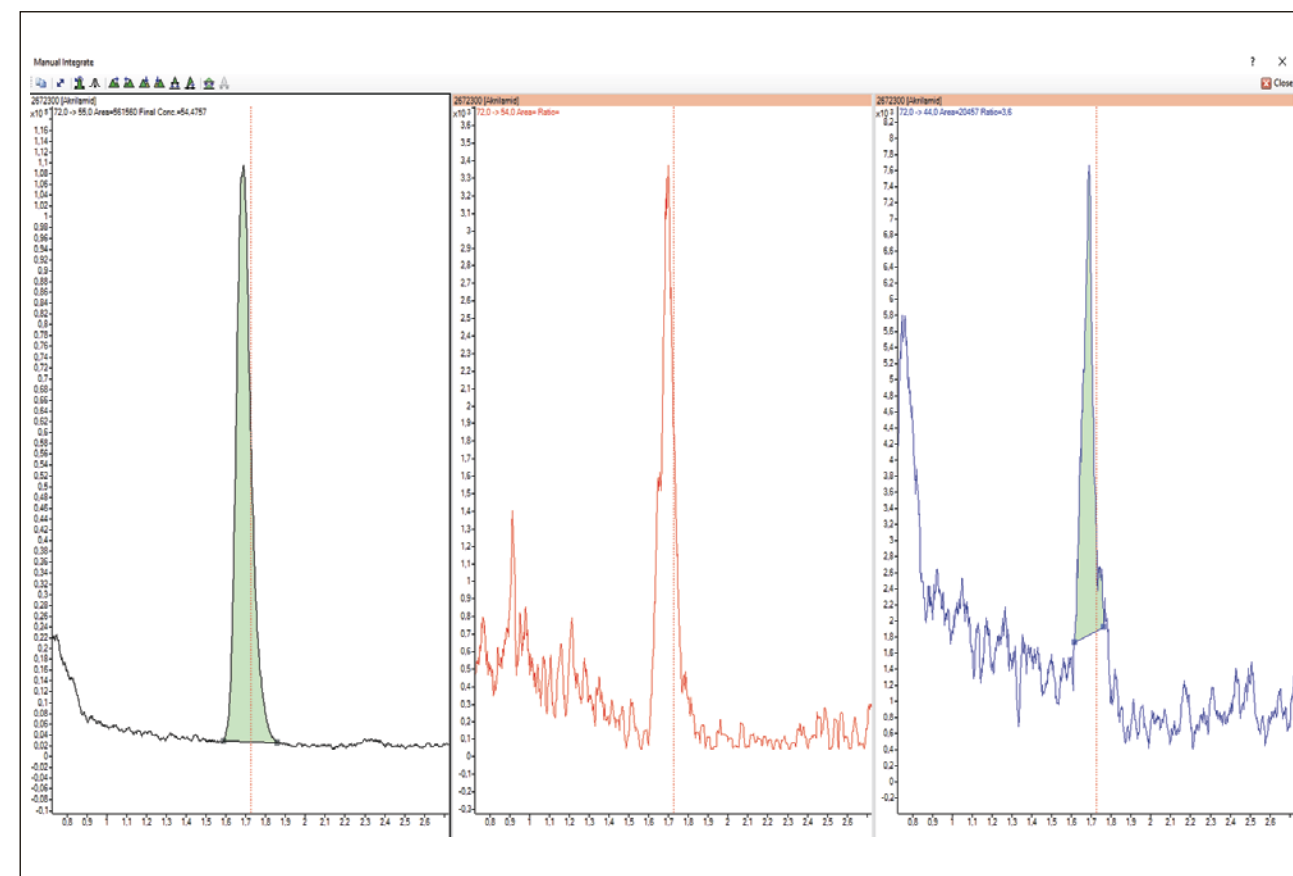
vízminták eredményeinek minőségét tanúsított anyagminta időszakonként ismételt elemzésével ellenőriztük. A kalibrációhoz használt kalibrációs görbét a 11. ábra mutatja be. A görbét 20, 50, 100, 200, 500 és 1000 ng/mL (µg/kg) tartományban vettük fel. Az illeszkedés r^2 -értéke 0,9925. A kalibrációs adatok alapján méréseink alsó mérési határát LOQ = 10 µg/kg értéknek állapítottuk meg (az LOQ érték vízmintáknál 1,0 µg/L volt). A 12. ábrán az 54 µg/kg akrilamid-tartalmú referencia-anyagminta (CRM – Certified Reference Material) felvételénél kapott kromatogramokat mutatom be a rendre a 72→55, 72→54, és 72→44 Da átmeneteknél.

4.1.8. A főbb kromatográfiás és tömespektrometriás jellemzők

- HPLC-oszlop: Hypercarb™ (50 mm × 2,1 mm), Hypercarb™ (10 mm × 2,1 mm) előtét-oszloppal,
- Oszloptér: 22 °C ± 2 °C Injektálási térfogat: 10 µL,
- Mozgófázis: 0,1% ecetsav vizes oldata,
- Eluens áramlási sebessége: 400 µL/perc,
- Kromatográfiás idő: kb. 8 perc (az akrilamid 1,7 percnél eluálódott),
- Lefúvató gáz: 400 °C N_2 600 L/óra,
- Porlasztógáz: N_2 ,
- Kúpgáz: N_2 ,
- Ütköztető gáz: Ar, $2,3 \times 10^{-3}$ mbar nyomással,
- Ionforrás: pozitív ESI 125 °C,
- Kapilláris: 2 kV,
- Kúpfeszültség: 20 V,



11. ábra. Az akrilamid mérésének mérőgörbéje: 5,0-1000 µg/kg ($Y = 2238,6832 \cdot x$, $r^2 = 0,9925$)
Figure 11. The calibration curve of acrylamide measurement: 5,0-1000 µg/kg ($Y = 2238,6832 \cdot x$, $r^2 = 0,9925$)



12. ábra. Az 54 µg/kg akrilamid-tartalmú CRM SIM kromatogramjai balról jobbra az 72→55, 72→54, és 72→44 átmeneteknél
Figure 12. SIM chromatograms of a CRM containing 54 µg/kg acrylamide, from left to right at the 72→55, 72→54 and 72→44 transitions

- Hexapol feszültség: 10 V.
- Jellemző ionátmenetek: 72 → 55, 75 → 58 (9 eV), 72 → 44 (20 eV), 72 → 54 (16 eV);

A vizsgálatokat Agilent TripleQuad 6410/6490 LC-MS/MS készülékkel végeztük MRM mérési móddal.

4.1.9. A főbb gázkromatográfiás és tömegspektrometriás jellemzők (vízminták analíziséhez)

- Készülék: Agilent 6890N gázkromatográf,
- Vivőgáz: hélium, konstans flow: 1,3 cm³/perc (41 cm/sec),
- Kolonna: Stabilwax (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm),
- Hőmérséklet program: 30 °C (2 perc), 25 °C / perc 200 °C -ig (3 perc),
- Injektálás: pulsed splitless, 2 µL,
- Injektor hőmérséklet: 250 °C,
- Tömegspektrométer: Agilent 5973N MSD,
- Transzfer line hőmérséklete: 300 °C,
- Analízis mód: Szelektív ionkövetés (SIM), m/z = 71, 74;

5. Vizsgálati eredmények

5.1. Vízminták vizsgálati eredményei

A 2006-2017 közötti időszakban ügyfeink megrendelése alapján 250 db magyarországi eredetű víz-minta vizsgálatát végeztük el LOQ = 1,0 µg/L alsó méréshatárral. Az akrilamid szintje valamennyi mintánkban az LOQ értéke alatt volt.

5.2. Szilárd élelmiszer mintáink vizsgálati eredményei

2017 végéig laboratóriumunkba összesen 783 db szilárd élelmiszer minta érkezett akrilamid tartalom meghatározásra. Ezek között 14 db sós keksz, 28 db sütőipari termék, 25 db egyéb élelmiszer és 716 db burgonya chips minta volt. A szóban forgó minták vizsgálatát ügyfeink annak ellenére rendelték meg, hogy az Európai Unióban a tárgyidőszak alatt élelmiszerekre vonatkozóan nem léteztek rendelettel szabályozott referencia határértékek.

A vizsgált 14 db sós kekszekben a 10 µg/kg LOQ érték és 290 µg/kg közötti akrilamid tartalmat találtunk. Az átlagos akrilamid-koncentráció 126 µg/kg volt.

Laboratóriumunk 28 db sütőipari terméket vizsgált. Az akrilamid mennyisége a legtöbb termékben az LOQ érték alatt volt. Mindössze 5 mintánál kaptunk 30 és 50 µg/kg közötti értékeket. Megjegyzem, hogy a jelenleg érvényes szabályozás szerint a kenyerek megengedett akrilamid szintje 50 µg/kg, tehát a vizsgált termékek megfeleltek volna az újonnan életbelépett szabályozási követelményeknek [9].

A további 25 db különféle élelmiszer minta (magvak, növényi zsírok, zöldség-készítmények, tejipari termékek stb.) nem sorolható egységes termékcsoporthoz. Közülük 5 minta kivételével valamennyi termék akrilamid szintje az LOQ értéke alatt volt. Az LOQ feletti akrilamid koncentrációk 70 és 220 µg/kg közé estek. A minták egyedi jellege miatt a vizsgálati

eredményekből nem lehet érdemleges következtetéseket levonni.

Szilárd élelmiszermintáink zömét burgonya alapú készítmények, chips-ek, szirmok, sült burgonyák tették ki. A 2006 és 2017 közötti időszakban vizsgált 715 termékből az akrilamid mindössze 21 db esetben nem volt kimutatható (2,9% „negatív minta”).

Ez azt jelenti, hogy a burgonyából készült élelmiszerek 97,1%-a az LOQ érték felett tartalmazott akrilamidot (97,1% „pozitív” minta). A pozitív minták közül 106 db esetben mértünk a ma már hatályos szabályozás szerint a 750 µg/kg feletti akrilamid tartalmat. Ez a mennyiség az összes burgonya alapú minta 14,8%-át tette ki. A **13. ábrán** e mintacsoport csökkenő sorrendbe állított értékeiből álló eloszlásfüggvényre emlékeztető diagramja látható. A diagramterületen keresztülhúzott vonal jelzi a 2018-ban érvényes szabályozás szerinti megengedhető legmagasabb határértéket (750 µg/kg). A **14. ábrán** a burgonya-alapú termékek mérési eredményeinek hisztogramját mutatom be.

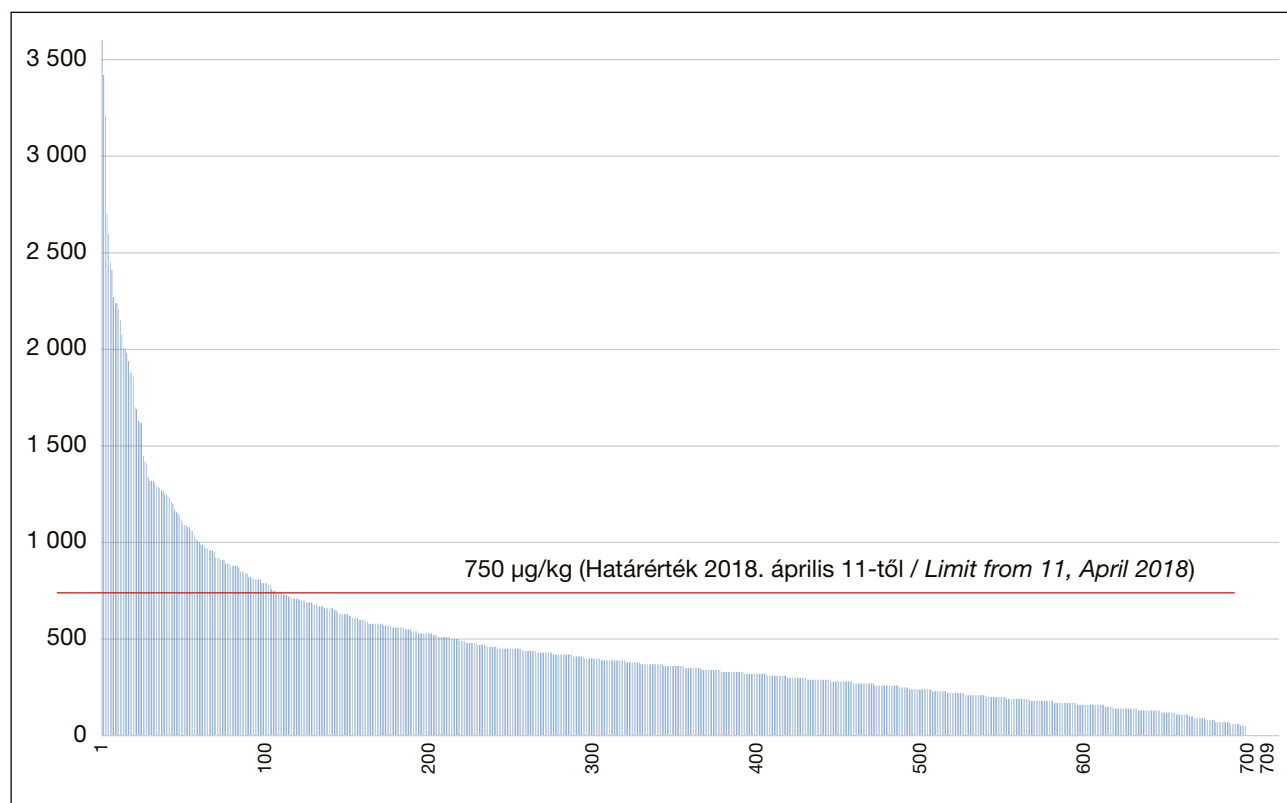
6. Következtetések

Az akrilamidnak az ember egészségére gyakorolt káros hatását sok évtizede ismeri a tudomány. A molekula reaktív NH₂-csoportja révén könnyen reagál az életfontosságú fehérjékkel, közöttük a sejtosztódás genetikai szabályozását végző enzimekkel. Jelenléte élelmiszerekben 2002 óta ismert. Az élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos szakirodalomban nagy

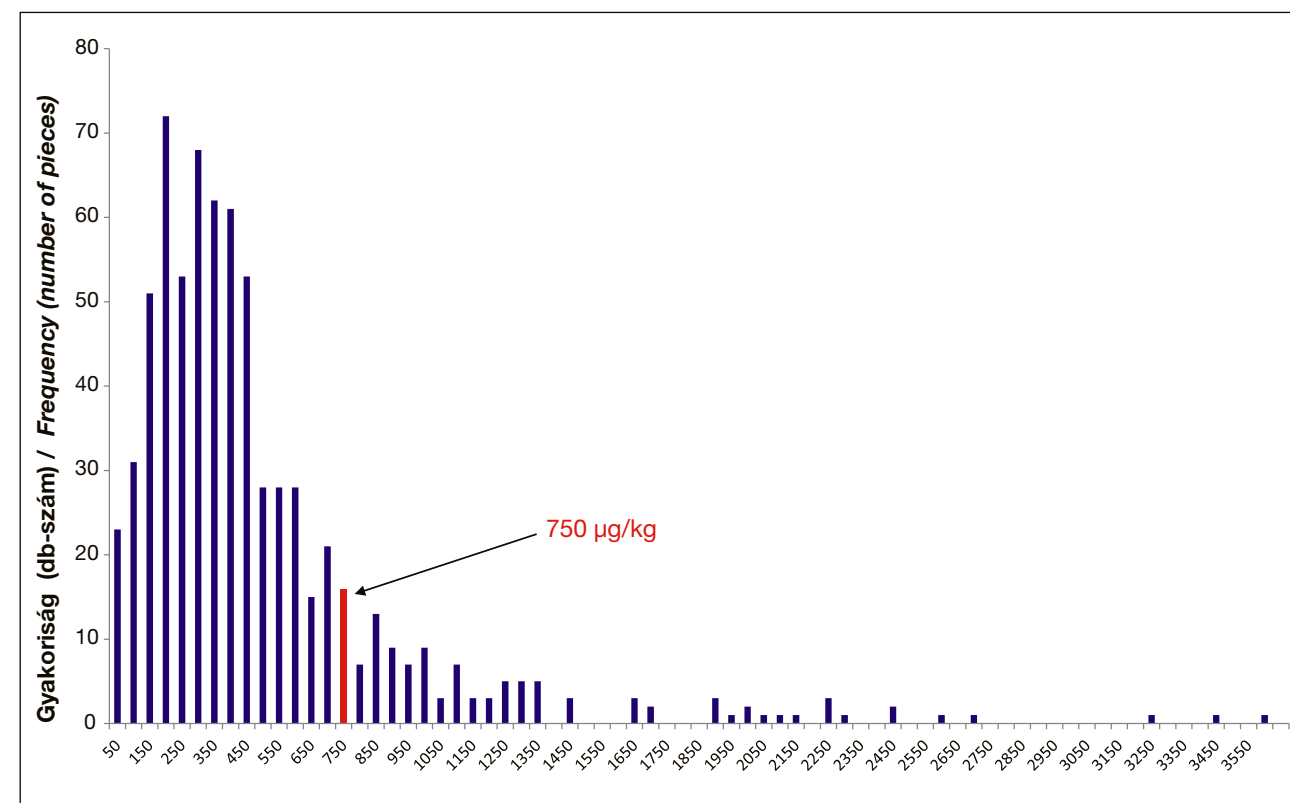
számban állnak rendelkezésre a vegyület biokémiai, neurotoxikus, genotoxikus, karcinogén hatásával, jelenlétének minél nagyobb érzékenységgel való kimutatási módszereivel foglalkozó dolgozatok. Az analitikai technika fejlődésével egyre bonyolultabb élelmiszer-mátrixok elemzésére nyílik lehetőség.

A 2002 óta eltelt 16 esztendőben az Európai Unió felelős intézményei alapos felmérő munka eredményei alapján javasolták, hogy a Bizottság alkosson rendeletet az akrilamid élelmiszerekben való jelenlétének csökkentése, a megengedhető referenciaszintek megállapítása végett. Így született meg a 2017-ben hatályba lépett rendelet, amelynek előírásai 2018. április 11-től valamennyi, közfogyasztásra termelő élelmiszer-előállító üzem, vendéglátóhely számára kötelezőek.

Öröndetesnek tartom, hogy ügyfeink az uniós szabályozás hiánya ellenére már több, mint 10 éve ellenőriztetik termékeik akrilamid tartalmát. A laboratóriumainkban vizsgált – összesen – 1033 db minta eredményeiből az eltelt mintegy 11 év alatt értékelhető következtetéseket a burgonya alapú élelmiszerek akrilamid tartalmából vonhatunk le. A 716 db chips, szirm és sült készítmény akrilamid tartalmának statisztikai eloszlása – annak ellenére, hogy mintáink nem rendszerszerű, reprezentatív mintavételből származnak – jó egyezést mutat a dolgozat keretei között áttekintett világirodalmi adatokkal. Burgonya alapú, vizsgált mintáink 97,7%-a mérhető mennyiségű akrilamidot tartalmazott, közülük 14,8% kifogásolható lett volna, ha az Európai Unióban 2018. április 11-e



13. ábra. Burgonyaalapú termékeink mérési eredményeinek ábrája az adatok csökkenő sorrendjében (µg/kg)
Figure 13. Acrylamide values of potato based samples depicted in descending order (µg/kg)



14. ábra. Burgonyaalapú termékeink mérési eredményeinek hisztogramja (gyakoriság/µg/kg)
Figure 14. Histogram of acrylamide values of potato based samples (frequency/µg/kg)

óta érvényes határértékekkel hasonlítottuk volna össze a szóban forgó termékek akrilamid tartalmát. Az akrilamid számos, más típusú élelmiszerünkben jelen van, visszaszorítása érdekében hatékony és felelősségteljes intézkedéseket kell tenni a jövőben is. Vizsgálati eredményeink alapján indokoltnak látszik a Maillard-reakciók termékei élelmiszereinkben való megjelenésének további felügyelete. Az élelmiszerek akrilamid tartalmának mérése a jövőben növekvő fontosságú feladat lehet. Ennek érdekében laboratóriumunk is folyamatosan fejleszti szakmai tudását, analitikai technikai képességeit.

7. Köszönetnyilvánítás

E kézirat megírásához számos kollégámnak tartozom köszönettel. Az akrilamid-vizsgálatok beindítása és magas szintű fenntartása a WESSLING Hungary Kft. laboratóriumaiban a élelmiszervizsgáló laboratórium szakembereink munkáját dicséri. Hálásan köszönöm Dr. Berente Bálint, Dési Eszter, Keresztúri József, Király Gábor, Dr. Kovács Ágnes, László József, Nagy Gábor és valamennyi, a vizsgálatokban közreműködő kollégám munkáját, segítségét, támogatását. A szakirodalmi források felkutatásában Dr. Takács Krisztina volt segítségemre. Köszönetemet fejezem ki érte.

Az élelmiszerlaboratóriumi tevékenységem éveit alatt összegyűlt vizsgálati eredmények értelmezésében, a rendelkezésre álló tudásanyag rendezésében, az európai élelmiszerbiztonsági rendszerek integrált áttekintésében Prof. Dr. Bánáti Diána állt mellettem, akinek önzetlen támogatása, segítőkészsége, problémafelvetése ösztönözt a dolgozat elkészítésére. Hálásan köszönöm az ő segítségét is.

8. Irodalom

- [1] Billaud, C., Adrian, J. (2003): Louis-Camille Maillard, 1878–1936. Food Reviews International. 19 (4) pp. 345-374.
- [2] Thomas, A., Thomas, A. (2012): Acrylamide - A Potent Carcinogen in Food. International Journal of Science and Research. 3 (7) pp. 177-180.
- [3] Fennell, T. R., Summer, S. C. J., Snyder, R. W., Burgess, J., Spicer, R., Bridson, W. E., Friedman, M. (2004): Metabolism and Hemoglobin Adduct Formation of Acrylamide in Humans. Toxicological Sciences (85) pp. 447-459.
- [4] Ogawa, M., Oyama, T., Isse, T., Yamaguchi, T., Murakami, T., Endo, Y., Kawamoto, T. (2006): Hemoglobin Adducts as a Marker of Exposure to Chemical Substances, Especially PRTR Class I Designated Chemical Substances. Journal of Occupation Health. 48 (5) pp. 314-318.
- [5] Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Törnquist, M. (2002): Analysis of

Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. Journal of Agric. Food Chemistry. 50 (17) pp. 4998-5006.

- [6] Mc Sweeney, B., Day, C. (Editors) (2002): European Union Risk Assessment Report. Acrylamide. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau. European Commission Joint Research Centre. EUR 19835 EN. Volume 24. pp. 1-221.
- [7] Mc Sweeney, B., Day, C. (Editors) (2002): European Union Risk Assessment Report. Acrylamide. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau. European Commission Joint Research Centre. EUR 19835 EN. Volume 24. p. 66.
- [8] Cherrie J. W., Gorman Ng, M., Shafrir, A., van Tongeren, M., Mistry, R., Warwick, O., Corden, C., Rushton, L., Hutchings, S. (2011): Health, Socio-economic and Environmental Aspects of Possible Amendments to the EU Directive on the Protection of Workers from the Risk Related to exposure to Carcinogenes and Mutagenes at Work. Acrylamide. IOM Research Project. P937/9 May 2011. p. 1.
- [9] Európai Bizottság (2017): 2017/2158/EU Rendelet (2017. november 20.) az élelmiszerek akrilamid tartalmának csökkentésével kapcsolatos kockázatcsökkentő intézkedések és referenciaszintek megállapításáról. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=PL_COM:C\(2017\)7658](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=PL_COM:C(2017)7658). (Hozzáférés 2018. 02. 01.)
- [10] Hodge J. E. (1953): Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. Journal of Agric. Food Chem. (1) pp. 928-943.
- [11] Molnár P. (1991): Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991. pp. 11.
- [12] Gasztonyi K., Lásztity R. (Editors) (1992): Élelmiszer-kémia 1. kötet. Maillard reakció. pp. 93-96. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1992.
- [13] Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stiojanovic, M., Tallmagde, D. H., Eberhart, B. L., Ewalds, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., Villagran. M. D. (2003): Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods. Journal of Agric. Food Chem. (51) pp. 4782-4787.
- [14] Grob, K. (2005): Measures to reduce acrylamide in food. Official Food Control Authority

of the Canton of Zurich, Switzerland. Personal PPT Presentation, Miskolc. 2005 szeptember 16. Szimpózium a BAZ Megyei Állategészségügyi és Élelmiszer-ellenőrző Állomáson.

- [15] Intersnack (2008): Acrylamide Reduction Workshop April 2008. TOP 1: Overview General Situation & Background. General Situation concerning Acrylamide in Food Especially Savoury Snacks. PDF Presentation. Doetinchem, Netherlands.
- [16] Grob, K. (2005): Acrylamide Invitation to a Trip from a Phone Call Via Analysis to Implementation. Official Food Control Authority of the Canton of Zurich, Switzerland. Personal PPT Presentation, Miskolc. 2005 szeptember 16. Szimpózium a BAZ Megyei Állategészségügyi és Élelmiszer-ellenőrző Állomáson.
- [17] EFSA CONTAM Panel (2015): Scientific Opinion on Acrylamide in Food. EFSA Journal 2015;13(6): 4104, pp. 321. doi:10.2903/j.efsa.2015.4104. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2015.4104/epdf> (Hozzáférés: 03.01.2018)
- [18] Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., Halford, N. G. (2017): Acrylamide-forming Potential of Potatoes Grown at Different Locations, and The Ratio of Free Asparagine to Reducing Sugars at Which Free Asparagine Becomes a Limiting Factor for Acrylamide Formation. Food Chem. (220) pp. 76-86.
- [19] Weißhaar, R. (2004): Acrylamide in Heated Potatoe Products. Analytics and Formation Routes. Chemisches und Veterinaruntersuchungsamt Stuttgart. Presentation 14. 01. 2004. Stuttgart Germany (29 dia slides).
- [20] Viator C., Muth, K. (2004): Acrylamide: The Next Food Safety Issue? Choices, The Magazine of Food, Farm and Resource Issues. 1st Quarter 2004. pp. 13-17.
- [21] Chen, Y-H., Xia, En-Q., Xu, X-R., Ling, W-H., Li, S., Wu, S., Deng, G-F., Zou, Z-F., Zhou, J., Li, H-B. (2012): Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. International Environ. Res. Public Health. 9. (11) pp. 4150-4158.
- [22] Európai Bizottság / European Commission – RASFF portal (2018): Subject: Arylamide. Search Result: 20 notifications. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchResultList> (Hozzáférés: 2018.03.02.)

- [23] Bleecker M. L. (1998): Toxic peripheral neuropathy. In: Environmental and Occupational Medicine, 3rd edition, W. N. Rom (Editor). New York: Lippincott-Raven Publishers, pp. 697-707, p. 699.
- [24] Cloeren, M. (1992): Acrylamide. In: Hazardous Materials Toxicology, Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (Editors). Baltimore: Williams and Wilkens, pp. 940-945.
- [25] Parod, R. (1998): Acrylamide. In: Encyclopedia of Toxicology, Vol. 1, Waxler, P. (Editor) New York: Academic Press, pp. 25-26.
- [26] Sanchez, M.R. (1998): Dermatologic principles. In: Goldfrank's Toxicology Emergencies, 6th edition, Goldfrank, L.R., Flomenbaum, N.E., Lewin: N.A., Weisman, R.S., Howland, M.A., Hoffman, R.S. (Editors). Connecticut: Appleton and Lange, pp. 474-499.
- [27] Sitting, M. (1991): Acrylamide. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens, 3rd edition Vol. 1, pp. 49-51.
- [28] Kiss Zs., Toldi J. (2013): Élelmiszertoxikológia. Szegedi Tudományegyetem, Élettani, Szervezettani és Idegtudományi Tanszék. Jegyzet. pp. 82-83., pp. 91-94.
- [29] Neuhäusser-Klaus, A., Schmall, W. (1989): Mutagenic and teratogenic effects of Acrylamide in the Mammalian Spot Test. Mutation Research, 226. pp. 157-162.
- [30] Russell, L. B., Hunsicker, P. R., N. L.A., Cacheiro, W. M. Generoso (1990): Induction of Specific-locus Mutations in Male Germ Cells of the Mouse by Acrylamide Monomer. Mutation Research, 262. pp. 101-107.
- [31] Zhou, B., Yang, L., Sun, Q., Cong, R., Gu, H., Tang, N., Zhu, H., Wang, B. (2008): Cigarette Smoking and the Risk of Endometrial Cancer: A Meta-Analysis. The American Journal of Medicine 121, pp. 501-508.
- [32] Je, Y. (2014): Dietary Acrylamide Intake and Risk of Endometrial Cancer in Prospective Cohort Studies. Arch. Gynecol. Obstet. 291, pp. 1395-1401.
- [33] Sciandrello, G., Mauro, M., Caradonna, F., Catanzaro, I., Saverini, M., Barbata, G. (2010): Acrylamide Catalytically Inhibits Topoisomerase II in V79 Cells. Toxicology in Vitro. 24. pp. 830-834.

- [34] Thakurela S., Garding, A., Jung, J., Schübel-er, D., Burger, L., Tiwari, V. K. (2013): Gene regulation and priming by topoisomerase II α in embryonic stem cells. *Nature Communications* | 4:2478 | DOI: 10.1038/ncomms3478 | www.nature.com/naturecommunications (Hozzáférés: 2018.01.02.)
- [35] Annamalai, T., Cheng, B., Keswani, N., Tse-Dinh, Y-C. (2018): A Fluorescence-Based Assay for Identification of Bacterial Topoisomerase I Poisons. In: Drolet, M. (Editor), *DNA Topoisomerases: Methods and Protocols*, Methods in Molecular Biology, vol. 1703. pp. 259-268.
- [36] Európai Bizottság / European Commission (2007): A Bizottság ajánlása az élelmiszerek akrilamid-szintjének megfigyeléséről (2010/307/EK). <http://www.epa.oszk.hu/00800/00878/01092/pdf/00330040.pdf> (Hozzáférés : 2018.03.02.)
- [37] Európai Bizottság / European Commission (2010): A Bizottság ajánlása az élelmiszerek akrilamid-szintjének megfigyeléséről (2010/307/EU <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010H0307&from=HU>) (Hozzáférés: 2018.03.02.)
- [38] Európai Tanács / European Council (1993): A Tanács 315/93/EGK Rendelete az élelmiszerekben előforduló szennyező anyagok ellenőrzésére vonatkozó közösségi eljárások megállapításáról. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/> (Hozzáférés: 2017. 12. 20.)
- [39] Liu, J., Zhao, G., Yuan, Y., Chen, F., Hu, X. (2008): Quantitative Analysis of Acrylamide in Tea by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Food Chemistry* (108) pp. 760–767.
- [40] Ishizuka, M., Fujioka, K., Shibamoto, T. (2008): Analysis of Acrylamide in a Complex Matrix of Polyacrylamide Solutions Treated by Heat and Ultraviolet Light. *J. Agric. Food Chem.* (56) pp. 6093–6096.
- [41] Pugayeva, I., Jaunbergs, J., Bartkevicsa, V. (2014): Development of a Sensitive Method for the Determination of Acrylamide in Coffee Using High Performance Liquid Chromatography Coupled to a Hybrid Quadrupole Orbitrap Mass Spectrometer. *Food Additive Contaminant. Part A. Chemical Analytical Control Exposition Risk Assessment.* 32 (2) pp. 170-179.
- [42] Li, X., Li, J., Cao, P., Liu, Y. (2016): High-efficiency Sample Preparation Approach to Determine Acrylamide Levels in High-fat Foods. *Journal of Separation Sci.* 39. (15) pp. 2950-2954.
- [43] Hu, Q., Xu, X., Li, Z., Zhang, Y., Wang, J., Fu, J. (2014): Detection of Acrylamide in Potato Chips Using a Fluorescent Sensing Method Based on Acrylamide Polymerization-induced Distance Increase Between Quantum Dots. *Biosensors and Bioelectronics* (54) pp. 64–71
- [44] Hoenecke, K.; Gatermann, R.; Harder, W.; Hartig, L. (2004): Analysis of Acrylamide in Different Foodstuffs Using Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry and Gas Chromatography-tandem Mass Spectrometry. *Analytica Chimica Acta* (520) pp. 207-215.
- [45] Mastovska, K, Lehotay, S. J. (2006): Rapid Sample Preparation Method for LC–MS/MS or GC–MS Analysis of Acrylamide in Various Food Matrices; *J. Agric. Food Chem.* (54) 19. pp. 7001-7008.
- [46] Magyar Szabvány (2015): Élelmiszer-vizsgálatok. Az akrilamid meghatározása élelmiszerben folyadékkromatográfiás tandem-tömegspektrometriával (LC-ESI-MS/MS). MSZ EN 16618:2015. / Food Analysis. Determination of Acrylamide in Food by Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (LC-ESI-MS/MS). EN 16618:2015.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo:Pixabay

Tamás János Szigeti¹

Received: 2017 December – Accepted: 2018 March

The acrylamide content of our foods

Keywords: Maillard reaction, Amadori rearrangement, acrylamide, Schiff base, amino acid, asparagine, reducing sugar, heat treatment, melanoidins, acrylamide exposure, glycidamide, hemoglobin adduct;

1. Summary

It has been known since 2002 [5] that during the heat treatment production of foods that contain both carbohydrates and amino acids, acrylamide is also formed among the transformation products in a Maillard-type reaction, depending on the chemical composition of the raw materials and the temperature used in the technology. According to the literature, acrylamide may initiate carcinogenic processes in the human body.

In the paper, the Maillard reaction and the process of acrylamide formation is outlined. The biochemical significance of acrylamide is also discussed, as well as its toxic and carcinogenic effects on the human body. In 2017, manufacturers' measures aimed at decreasing acrylamide levels in heat treated, mainly baked, foods, as well as mandatory laboratory testing were regulated by a European Union Commission decree, and maximum permissible acrylamide levels in the foods in question were also set. The regulation to be applied from 11. April 2018. [9] In this connection, some laboratory test methods available in the literature will be described, including one that is based on a non-chromatographic principle.

Prior to the publication of the EU Commission decree, between 2006 and November 2017, the acrylamide contents of 250 drinking water samples, 715 potato chip samples and 67 other food samples (for a total of 1033 samples) were tested at the request of our partners. The limit of quantification (LOQ) of our analytical tests was 1.0 µg/L for drinking waters and 10 µg/kg for solid foods. Primarily the aim of this manuscript is to refer about investigation of solid food products, therefore the details of gas chromatographic analysis of drinking water samples will be only sketched as a brief completing information. It should be noted that, during the period in question, there were no legal limit values in the EU for acrylamide for solid food products.

2. Introduction

There is a compounds among the products of the chemical reaction discovered in 1912 by the French physician and biochemist Louis-Camille Maillard [1], which has a detrimental effect on human health, according to decades of research. The acrylamide that forms in the Maillard reaction during the heat treatment of food raw materials that contain both amino acids and reducing sugars was most likely unknown to Maillard himself. The discovery and first synthesis of the molecule took place in 1949. Industrial

and laboratory use of polyacrylamide, the polymer of acrylamide started in the 1950s [2]. Polyacrylamide as a water-soluble polymer is used in the purification of different waters, in sewage sludge treatment, in papermaking, soil stabilization and for other purposes as well. Polyacrylamide gel is a material indispensable for the gel electrophoresis technique used in the laboratories (PAGE) [3]. Therefore, the detrimental effect of acrylamide on human health, regarding occupational health, had been already recognized before the discovery of its appearance in foods [4]. The presence of the compound in bakers'

wares was demonstrated in 2002 by a researcher Eden Tareke and his team during a research project carried out in cooperation between the University of Stockholm and the Swedish National Food Authority, when human exposure to different toxic compounds, including acrylamide from the environment, was tested by analyzing hemoglobin adducts in the blood [5]. In their research, it was found that in Sweden the average detectable hemoglobin adduct in the blood serum of the adult population corresponds to a daily intake of about 100 µg of acrylamide. Since the continued intake of this amount can lead to a risk of cancer, it was decided by the research team to explore the sources of this exposure of the population. It was found in their investigation that the acrylamide in the human body comes mainly from the consumption of bakers' food products [5].

In the risk assessment report of the European Commission Joint Research Centre (EC JRC) published in 2002, the food safety risk of acrylamide that manifests itself through the food chain is not yet mentioned. However, the 221-page scientific work discusses in detail the adverse effect of acrylamide migrating from environmental elements, cosmetics, horticultural preparations, paper products, packaging materials and textile products [6]. According to the JRC report, acrylamide does not accumulate in the environment or the food chain, the toxic effect of the compound can only manifest itself directly, for example, after the consumption of contaminated drinking water [7].

After the publication of the work of Tareke et al., [5] a large number of papers related to acrylamide appeared in the literature. When typing the word "acrylamide" in the Google search engine on February 24, 2018, there were 3,630,000 hits reported.

Since acrylamide was classified by the International Agency For Research on Cancer (IARC) as a group 2A compound (probably carcinogenic to humans), the permissible maximum levels of acrylamide in the workplace air of plants producing or processing this compound were limited to no more than 0.03 mg/m³ [8].

For the legal regulation of maximum permissible acrylamide levels in the different foods, one had to wait for six years after the publication of the IARC report. The regulation of the Commission of the European Union establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in foods came into force on November 20, 2017 [9].

With the entry into force of the regulation, it has become a legal obligation to implement comprehensive measures throughout the European Union to reduce the levels of acrylamide produced among the transformation products formed in the technology of foods produced by heat treatment

from raw materials that contain both carbohydrates (reducing sugars) and proteins. The regulation contains detailed prescriptions for the modification of the technological steps in the production of foodstuffs involved in the formation of acrylamide, with special emphasis on the baking temperatures used, for the sampling of the products manufactured, and for the analytical performance characteristics of the laboratory tests of the food samples. Annex IV of the regulation contains the reference values (maximum permissible concentrations of acrylamide) for each food category concerned [9].

In our laboratory, we have been carrying out acrylamide analyses in food samples since 2006, based on the available literature data and the because of the expected legal requirements. During the period prior to the publication of the relevant regulation, at the request of our partners, 1,033 samples were analyzed. The majority (715) of the samples were potato-based chips. In addition, the analysis of 250 water samples and 67 food samples of other type was requested by our partners. During the measurement process, gas chromatographic separation was used in the case of waters and high performance liquid chromatographic separation in the case of solid food samples. The acrylamide content of the prepared extracts was detected without derivatization, using a mass selective detector. For identification and the recording of the calibration curves, ¹³C or D₃ isotopically labeled acrylamide certified reference material was used. The limit of quantification (LOQ) was 1.0 µg/L in the case of waters and 10 µg/kg in the case of solid foods. Our measurement results were below the LOQ value for all water samples. In the case of potato chips, the most common values were between the LOQ 1500 µg/kg.

3. Literature overview

3.1. The formation of acrylamide during the heat treatment production of foodstuffs

The appealing yellowish red or reddish brown color and the pleasant aroma of foodstuffs produced by heat treatment, especially baking, are the result of the reaction, described by Maillard, between the components of food raw materials containing amine and carbonyl groups, among other things [1].

Unfortunately, the Maillard reactions that take place during the heat treatment of foods result not only in compounds with favorable organoleptic properties (pleasant fragrance and aroma components, pigments that provide a pleasing brownish color), but also compounds that are harmful to biological systems, including mutagenic and carcinogenic substances. The latter include acrylamide.

Acrylamide is a low molecular weight, highly water-soluble organic compound that is produced from naturally occurring ingredients, asparagine and

¹ WESSLING Hungary Kft. 1045 Budapest, Anonymus utca 6.

sugars, in certain foods when they are produced typically at temperatures exceeding 120 °C and at a low moisture content. It is produced primarily in carbohydrate-rich foods fried or otherwise baked, for example, in cereals, potatoes, coffee beans, the raw materials of which contain acrylamide precursors. In view of the carcinogenic properties of acrylamide, in the regulation the Committee prescribed that the acrylamide content of those foods has to be reduced, the raw materials of which contain the precursors of acrylamide (especially asparagine and reducing sugars) [9].

Since the 1950s, there has been a large number of publications by food technology research institutes regarding the chemistry of the brown compounds that appear on the surface of foods produced by heat treatment (baking). According to the detailed study of Hodge, browning processes that take place during the heat treatment of systems containing sugars and amines can be divided into three main groups, and can be characterized by seven different chemical reaction types (from a to g):

1. Initial state (colorless compounds with no light absorption in the near UV range as well);
 - a. Sugar-amine condensation;
 - b. Amadori rearrangement;
2. Intermediate phase (colorless or yellow color, strong light absorption in the near UV range);
 - c. Dehydration of sugars;
 - d. Fragmentation of sugars;
 - e. Amino acid decomposition;
3. Final phase (appearance of strong colors);
 - f. Aldol condensation;
 - g. Aldehyde-amine polymerization, formation of heterocyclic nitrogen compounds.

According to the publication of Hodge, already in the 1950s, the formation of more than 100 compounds in the chemical reactions during the heat treatment of foods was confirmed. His paper will not be described in detail, but it should be noted that it is an indispensable source for the in-depth study of the Maillard reaction [10].

The complexity of the complicated processes that take place during baking is confirmed by a literature data: up to the 1990s, about 250 bread aroma components had been isolated and identified by gas chromatographic techniques, but this still was not enough to decipher the “secret” of bread aroma [11].

So, in foods produced by heat treatment, reducing sugars react with compounds possessing free amino groups, and at sufficiently high temperatures (120-180 °C) various aroma components and brown-colored melanoid compounds are formed. In the literature, the formation of colorants in the Maillard reaction is called non-enzymatic browning. During

this process, the free amino group of the amino acids present is added to the aldehyde or ketone carbonyl group of reducing sugars. Subsequently, the amino group is converted into an imine group by the elimination of water, and glycosylamine type compounds are formed. In the presence of proton, imonium ions are formed from the imine compounds and, depending on the starting sugar type, an intramolecular rearrangement occurs. In the case of an aldohexose starting material (e.g., glucose) an Amadori rearrangement, in the case of a ketohexose (e.g., fructose) a Heyns rearrangement takes place. The two processes are shown schematically in **Figure 1** [12].

The steps of the Maillard reaction between asparagine and a sugar molecule containing a carboxyl group are shown schematically in **Figures 2/a** and **2/b**, with the formation of a Schiff base.

As shown in **Figure 2/b**, the Maillard reaction has at least two pathways along which acrylamide may form. One is the process between the temporarily appearing Amadori product and a reducing sugar, resulting in acrylamide via a 3-aminopropionamide intermediate. The other pathway is the reaction between another amino acid molecule and the Amadori product [13]. Amadori products can be detected in a variety of preserved foods as well (e.g., dried fruits, vegetables, milk powder). Since the amino acids bound in the Amadori products are inaccessible to the digestive enzymes in the alimentary tract of warm blooded animals, they cannot be utilized as nutrients, and so the formation of such compounds reduces the protein value of foods. The majority of the hundreds of products formed in the Maillard reactions are pigments, and a smaller part are aroma compounds. It should be noted that hydroxymethylfurfural (HMF), forming in foods – namely honeys – in limited quantities, is also a product of this reaction family [12].

According to Grob, the intensity of acrylamide formation in heat-treated foods is mostly related to the asparagine, aspartic acid and fructose contents of the raw materials. Compared to fructose, less acrylamide is produced in the amine addition of glucose. Lactose has an effect that is 10 to 15 times smaller than that of fructose. In the case of potato-based foods, the food safety risk is primarily due to the high asparagine and reducing sugar contents. Depending on the variety, potatoes contain 2.0 to 4.5 g asparagine per kg of original matter, corresponding to 10-20 g/kg dry matter. Wheat flour contains about 50 times less asparagine compared to potatoes. Therefore, in the crust of breads baked to a dark color, the amount of acrylamide will be <200 mg/kg, while in the skin of potatoes baked to a dark color the amount could be 2,000-10,000 mg/kg. Ammonium ions in the raw materials (e.g., in baking powder) increase the amount of acrylamide produced. **Table 1** shows the data collected by the Swiss

Federal Office of Public Health, obtained by testing potato products [14].

The amount of acrylamide produced in each baked product depends also on the plant variety used, the baking temperature and the moisture content of the end product. These relationships are illustrated in **Figure 3** [15].

Figure 3 shows that the formation of large amounts of acrylamide can be expected when using potatoes as raw material, a baking temperature above 150 °C and in the case of low moisture content of the end product. The professional material from 2008 and the provisions of the Community decree that came into force in 2017 are in good agreement. The Commission regulation of the European Union mentions specifically the monitoring obligation of products manufactured using baking technologies over 160-170 °C. In addition, a moisture content of at least 1% is prescribed in the case of potato chips [9].

The temperature dependence of the formation and decomposition of acrylamide has been analyzed in several papers. Of these, I would like to quote two remarkably similar diagrams from two authors. **Figure 4** shows the formation/decomposition curve as a result of baking potatoes, given in Weißhaar's presentation [19].

The temperature dependence of acrylamide formation and decomposition in the case of baking potato products is illustrated by Grob in another lecture material based on his own measurement results. **Figure 5** shows that, without the addition of sugars or ammonium ion containing additives, the resulting transformation product starts to decompose above 180 °C. If the starting materials include an ammonium-containing additive, then acrylamide formation starts already at 60 °C, reaches its maximum between 100 and 140 °C, but with increasing temperature the product of the Maillard reaction starts to decompose rapidly, however, its amount is still expected to be around 2000 µg/kg even above 180 °C [16], which is several times higher than the current legal limit value of 750 µg/kg [9]. The two figures have been placed side to side in order to illustrate that serious acrylamide formation can be expected when baking potato raw materials, and to show that similar formation dynamics had been observed independently by two researchers in Germany and Switzerland. The difference between the two curves is that while Weißhaar carried out the experiments using only potatoes, sugars and ammonium-containing baking agents had been added to the experimental products by Grob. Grob's experiments show that, in the presence of ammonium ion, acrylamide amounts exceeding 10,000 µg/kg may form already at 120 °C, to reach the same concentration, a temperature of at least 160 °C is necessary in the absence of additives.

It was demonstrated by Muttucumaru et al., by examining products made from 12 different varieties of potatoes, cultivated in the United Kingdom around Doncaster and Woburn, that the chemical composition of the same potato varieties may differ significantly, especially in terms of the asparagine and sugar ingredients, depending on cultivation conditions. Consequently, the acrylamide content of the foods made from them may also differ significantly. According to their study, when baking for 20 minutes at 160 °C, the ratio of reducing sugars in the potatoes (mmol/kg) and the acrylamide formed during baking (µg/kg) is approximately 1:2.3. The correlation between these two variables is significant ($r = 0.516$, $p < 0.001$). The asparagine content (mmol/kg) and the amount of acrylamide formed (µg/kg) can be characterized by the same 1:2.3 ratio, with a correlation greater than the one mentioned above ($r = 0.672$) [18]. It should be noted that the relative concentration ratio of the three components (asparagine, reducing sugars, acrylamide) is stochastic, yet it characterizes clearly the food safety situation arising when baking potatoes. To those interested in the topic I highly recommend a detailed study of literature source [18], concerning the relationship between asparagine, reducing sugars, cultivation sites, varieties and the amount of acrylamide produced. The paper also presents valuable diagrams of the results of potato storage experiments, which cannot be included here because of the limited scope of this manuscript.

3.2. The acrylamide content measured in some food groups

It is difficult to assemble a consistent picture from the literature data reporting the acrylamide content of different food groups. Food groups to be included in the surveys are (were) designed by the food chain safety organizations and research communities of the various countries by taking into consideration national and regional characteristics and local consumer habits. Therefore, to give you a taste of this, data from an American, a Chinese and a Hungarian source are presented, in addition to the analytical results of the Rapid Alert System for Food and Feed of the European Union (RASFF) [22].

In 2004, it was found by Viator and Muth, based on the results of the FDA survey carried out in the USA, that the largest acrylamide exposure was caused by the consumption of potato-based foods. **Figure 6** shows the measured highest and lowest values of the acrylamide contents of the food groups investigated by the FDA. The numerical values of **Figure 6** are summarized in **Table 2** [20].

Between 2010 and 2015, the EU Panel on Contaminants in the Food Chain has processed 43,499 analytical results of foods coming from 24 European countries. According to estimation carried out using statistical means, the highest acrylamide

levels were measured in coffee substitutes and coffee products, with concentrations of 1,499 and 522 µg/kg, respectively. The average acrylamide level of potato-based chips and similar products was 389 µg/kg. In fried potatoes, the value was 308 µg/kg. The lowest values were found in cereal-based products intended for infants, with an average of 73 µg/kg. Within the framework of the survey, based on the change over time in the analytical results of 40,455 chips made from freshly sliced potatoes from 20 countries, it was determined that the acrylamide content of these products had decreased significantly between 2002 and 2011: from 763 ± 91.1 µg/kg to a value of 358 ± 2.5 µg/kg. Decreasing concentration over time were also found in the case of other product groups. It was found that in Europe, the estimated acrylamide exposure of 95% of the pediatric population was in the 0.5–3.4 µg/kg body weight range. Values differed significantly within this range in different survey campaigns. For 95% of the adult population, the estimated value was in the 0.4–2.0 µg/kg body weight range. Results for adults have also changed from survey to survey, and depended significantly on the age of the population under study. It was found that the amount of the acrylamide produced in meals and foodstuffs, for example, when using potatoes as a raw material, is largely dependent on the variety and on cultivation site conditions [17].

Measurable amounts of acrylamide was found in 115 of 123 food groups selected by Chinese researchers. In most of the food groups investigated, the acrylamide content was below the 500 µg/kg value, but the highest concentration in fried potatoes, rounded to the nearest whole number, was 4,126 µg/kg. For this food group, the average value was calculated to be 604 µg/kg, with a significant standard deviation ($SD = 1,328$ µg/kg). Results of their study, rounded to the nearest whole number, are shown in **Table 3**. Minimum and maximum values of the table are shown in **Figure 7**.

Table 4 contains acrylamide levels published in the University of Szeged lecture notes after Kiss and Toldi [28]. Values of the table are shown in **Figure 8**. When comparing the data from the three sources [26], [27], [28], it is quite conspicuous that the distribution of the minimum and maximum values published in the American and Hungarian papers, without statistical confirmation, can be considered similar. From the Chinese data, it is likely that the consumption of foods roasted to a dark color is less common in Chinese cuisine, but foods made from potatoes are fried at high temperatures.

On March 2, 2018, only 20 notifications related to acrylamide content could be found on the RASFF Portal. The small number of RASFF entries can be explained by the fact that it was not mandatory to apply the provisions of the decree that came into force on November 20, 2017 [9] at the time when this paper was completed, therefore, no authority

proceedings could be possible for the presence of acrylamide exceeding the limit value before April 11, 2018. Simplified data for RASFF notifications are summarized in **Table 5** [23].

Looking at the data in **Table 4** we can see that in eight years, an astonishingly small number of entries, alerts and events requiring follow-up were recorded in the RASFF system. Most of the notifications were submitted by Croatia due to the acrylamide content of biscuits from Bosnia and Herzegovina (BIH) and Serbia (SRB). In addition to Croatia, one case each was reported by the Netherlands, Belgium, Malta and Poland. Compared to the other cases, the notifications by the Netherlands and Belgium were because of significantly higher acrylamide contents, with values of 2,308, 4,757 and 2,062 µg/kg. Outstandingly high values of 5,000 and 5,900 µg/kg of potato chips flavored with sea salt from the United Kingdom indicate that, in 2009, the health-damaging effect of acrylamide was still not taken seriously by certain food manufacturers and probably did not feel sufficiently large responsibility for the population consuming their products. Similarly high values, also in potato chips, were found among the Chinese data [21].

If the acrylamide-temperature data in **Figures 4** and **5** are analyzed [19], [16], it can be understood that Maillard reactions that take place during the baking of potato products can result in dangerously high amounts of transformation products in case of manufacturing technology non-conformities.

Based on the data in **Section 3.2** it can be assumed clearly that today the acrylamide intake of the population comes mostly from the consumption of foods made from potatoes by frying (chips, fried potatoes), in case of American, Asian and European foods as well.

According to Zhou, in addition to environmental effects and foods, cigarette smoke can also be a source of acrylamide for smokers [31].

3.3. Human health effects of acrylamide

The adverse effects of acrylamide on human health had already been known to occupational health experts before 2002. Toxicologists had already performed acute toxicological experiments on warm-blooded animals in the 1980s. Prior to the discovery in Sweden [5], the molecule had been known to enter the human body as a powder or vapor [28]. In the non-food sector, workers with chronic contact with acrylamide experienced sensory disturbances in the hands and feet [23]. Prolonged contact of the compound with the skin may cause a reddish-blue discoloration [24]. As its effect, reflex responses of the individual may weaken [25], peeling of the skin may start, the hands and feet may exhibit a reddish discoloration, and teratogenic effects were

also observed in warm-blooded animals [26]. The neurotoxicity of the compound is indicated by the fact that, in the case of acute exposure, drowsiness, numbness, muscle tremors, and in the case of severe poisoning, speech disturbances may occur [27].

Its per oral LD_{50} value in rats is 159–300 mg/kg body weight. In the case of rabbits, the skin LD_{50} value is 1,680 µL/kg body weight. When administering subacute doses of 20 mg/kg body weight/day, peripheral neuropathy, atrophy of the skeletal muscles and a decrease in red blood cell counts were observed in rabbits. Monkeys exhibited similar symptoms when treated with 10 mg/kg body weight/day doses for 12 weeks. The genotoxicity of the compound is demonstrated by the fact that when mice were fed feedstuff containing 500 µg/kg acrylamide for 3 weeks, breakage of sister chromatids and the exchange of certain gene sequences became common. When adding 3 mg/kg body weight/day acrylamide to the drinking water, the prevalence of tumorous lesions increased in the adrenal glands, the thyroid, the nasal cavity and, in female animals, in the mammary and the uterus, and in male animals in the testicles [28].

Acrylamide can react in biochemical systems in two ways: one is the reaction of the electrophilic C=C conjugated double bond, the other is the reaction of the amide group. When reacting with hydrogen-containing compounds, the C=C bond is converted to glycidamide by cytochrome P450 enzyme reactions in the liver. Glycidamide and acrylamide itself have electrophilic properties and therefore react with the sulfhydryl groups of proteins and hemoglobin, forming adducts [28]. The resulting chemical structures were detected by Tareke and his team in 2002 in the blood serum of individuals exposed to acrylamide [5]. Since adduct formation occurs also with nucleosides (adenosine, guanosine, cytidine, etc.), even though with low efficacy [28], the mechanism of genotoxicity of the compound becomes apparent as well.

The genotoxic effect of acrylamide was confirmed by Neuhausser-Klaus and Schmahl using spot tests and inducing specific locus mutations. In the experiments, lesions in spermatogonial stem cell cultures (cells that produce male reproductive cells) were evaluated by comparing acrylamide to 14 other compounds. As a result of their experiments, in the case of both methods, large deletions, loss of chromosomes and somatic recombinations were observed in the hereditary material of the cells. The mutagenic and teratogenic effects of acrylamide were confirmed by morphological and histological studies carried out on the 17-day-old fetuses of experimental animals treated with the compound. According to acute studies, a 30 mg/kg body weight acrylamide dose in mice doubles the frequency of natural genetic disorders in fetuses [29]. According to Russel et al., acrylamide-induced genetic mutations in the hereditary material of male warm-blooded animals may be permanent, and so the mutagenic effect caused by the compound may

be inherited by the offspring of exposed organisms. Similar genetic disorders in female animals could not be confirmed by their research results [30].

Je el al. in their cohort study investigated data from 453,355 female person. Among them 2,019 women suffered in endometrial cancer. The illness wasn't associated with dietary intake of acrylamide in the whole population – including the smoking women – but among the never smoked patients the risk of cancer significantly increased with high dietary acrylamide intake [32]. As my opinion the harmful components of cigarette smoke can mask the physiological influence of acrylamide intake in the case of smoking patients. It may be the explanation of the significant correlation between cancer risk and the high acrylamide intake.

Another characteristic of the genotoxic effect of acrylamide is the disruption of cell division and the replication of the hereditary material. The compound also attacks the SH group of topoisomerase II enzymes [33]. Topoisomerase enzymes are involved in the regulation of DNA cleavage. They relieve the torsional stress generated in the DNA strand unpackaged by the helicase enzyme. This ensures the spatial structure that is indispensable for the flawless operation of uncoiling and rewound DNA strands in dividing cells. Their inhibition causes irregular epigenetic changes (permanent modification of the genetic material) [34]. Toxic substances that are able to fix the temporary covalent bonds between the DNA and the topoisomerases are called topoisomerase inhibitors. By disrupting the replication of the hereditary material, topoisomerase inhibitors cause the death of dividing cells or their abnormal growth [35]. Sciandrello et al. investigated the effect of acrylamide in a V79 cell culture from Chinese hamster. According to the results of their experiments, acrylamide may reduce the effect of certain topoisomerase poisons, such as the Etoposide used in chemotherapy, but it also inhibits the functioning of the enzymes itself, and so it can be considered a topoisomerase inhibitor. If dithiothreitol (a vicinal diol containing two SH groups: $C_4H_{10}O_2S_2$) was added to the cell culture treated with acrylamide, the topoisomerase inhibitory effect of acrylamide was reduced. Based on this, it is assumed that acrylamide targets not only topoisomerase enzymes, but also other enzymes containing SH groups that are involved in cell metabolism [33].

The available scientific literature provides abundant material to understand the mechanism of action of the genotoxicity of acrylamide. The few experimental results described in this section indicate that this compound is capable of attacking processes at the molecular biological level in multiple locations. Based on this, it was justified for the Commission of the European Union to take steps in order to reduce the amount of acrylamide in foodstuffs intended for public consumption.

3.4. Acrylamide regulation in the European Union – history and regulation

The Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain of the European Food Safety Authority (EFSA) adopted a declaration on the acrylamide content of foods on 19, April 2005, endorsing the risk assessment of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) of February 2005 on the acrylamide content of foods. In this assessment, JECFA found that, in the case of average and high-volume consumers, exposure limit values were low, considering that acrylamide is a genotoxic and carcinogenic compound, which is a cause for concern from a human health point of view. Therefore, continued efforts are needed in order to reduce the amount of acrylamide in foods. Based on the 2005 declaration of EFSA, in this spirit, the first recommendation of the Commission of the European Union in order to monitor acrylamide levels was published on 3, May 2007 [36].

Between 2007 and 2010, the Confederation of Food and Drink Industries (CIAA) has developed an action plan for food manufacturers with tools that could effectively reduce acrylamide levels in their products. However, in 2009 it was found that food manufacturers' measures aimed at reducing acrylamide levels were insufficient. Therefore, the recommendation of the Commission was revised in 2010, and the food chain safety organizations of the member states were ordered to perform further monitoring studies. The testing of a total of 2,042 products in 10 product groups was requested from the member states [37].

The breakthrough came with the announcement of the Commission regulation that came into force on November 20, 2017 [9]. It was declared that acrylamide is a contaminant according to the definition of Article 2 of Council Regulation (EEC) No 315/93, and as such, constitutes a chemical hazard in the food chain. Foods that contain a contaminant in unacceptable quantities from a health and, in particular, toxicological point of view, may not be placed on the market. In addition, the level of contaminants must be kept as low as can be reasonably reached by observing good practice [38].

The regulation contains detailed specifications for the technological characteristics of foods that are expected to have a high acrylamide content (agrotechnology, storage conditions, preparation of raw materials, baking temperatures, recommended minimum moisture content, etc.), and also maximum permissible acrylamide levels. The main food groups listed in the Regulation are the following [9]:

- French fries, other cut (deep fried) products and sliced potato crisps from fresh potatoes;
- potato crisps, snacks, crackers and other potato products from potato dough;

- bread;
- breakfast cereals (excluding porridge);
- fine bakery wares: cookies, biscuits, rusks, cereal bars, scones, cornets, wafers, crumpets and gingerbread, as well as crackers, crisp breads and bread substitutes. In this category a cracker is a dry biscuit (a baked product based on cereal flour);
- coffee (roast coffee and instant coffee);
- coffee substitutes;
- baby food and processed cereal-based food intended for infants and young children as defined in Regulation (EU) No 609/2013 of the European Parliament and of the Council.

Table 6 summarizes the benchmark levels of Annex IV of Regulation 2017/2158 [9]. Details of the regulation regarding the benchmark levels of breakfast cereals, coffee substitutes and infant formulas are not included in **Table 6**.

Prescriptions of Commission Regulation (EU) 2017/2158 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide shall apply from 11, April 2018.

3.5. Analytical methods

Collected literature references regarding the analysis of acrylamide are only outlined briefly. Detailed methods can be studied in the referenced source works.

To determine the acrylamide discovered in foods, gas chromatographic and liquid chromatographic techniques were used by Tareke et al. [5].

For gas chromatography measurements, acrylamide was extracted from 10 g of sample with 100 mL of water using a laboratory blender. To the filtered extract N,N-dimethylacrylamide internal standard was added. Prior to the instrumental analysis, the compounds were derivatized with bromine overnight at 4 °C, and the excess bromine was decomposed using sodium thiosulfate. After the disappearance of the yellow color of bromine, sodium sulfate was added to the reaction mixture and the brominated derivatives were extracted using a 1:4 mixture of ethyl acetate and hexane. The resulting solution was concentrated by evaporation and the final volume was adjusted to 200 µL. Sample components were separated using a temperature program and a 30 m × 0.25 mm capillary column with a film thickness of 0.25 µm (BPX-10 fused silica), and then they were detected by a mass selective detector.

In the liquid chromatography analysis, 1 mL of a 1 µg/mL concentration ¹³C₃ isotopically labeled acrylamide internal standard was added to the aqueous extract prepared in the above-described way. The extract was centrifuged twice, and then 3 mL of it was applied to an SPE column (Isolute Multi-

ModeSPE column, 300 mg) activated with acetonitrile and washed twice with water. The first 1 mL of the eluted samples was discarded and the rest was filtered through a 0.45 µm pore size filter. Following this, 500 µL of the solution was passed through an ultrafilter (Millipore Microcon YM-3). Liquid chromatographic separation was carried out on 200 µL of the sample on a (50 × 2.1 mm, 5 µm) ThermoHypersil column. For detection, an MS/MS system was used with a positive ESI ion source. Acrylamide was identified in an MRM (Multiple Reaction Monitoring) system. The [M+H]⁺ precursor ion with a mass number of 72 fragmented with 54 [H₂C=CH-C=NH]⁺ (collision energy: 16 eV) and 55 [H₂C=CH-C=O]⁺ (collision energy: 11 eV) m/z transitions. The intensity of the ions was 1:35, with a ±20% uncertainty. For quantitative determination, data of the 55 m/z (mass/charge) transition were used and the calibration curve was recorded in the 10 – 5,000 µg range. The limit of detection (LOD) was 5 µg/kg in the case of gas chromatography measurements and 10 µg/kg in the case of liquid chromatography analyses, with recoveries close to 100% and a standard deviation of about 5% [5].

A tandem LC/MS/MS system was used by Liu et al. for the measurement of the acrylamide content of tea samples. As an internal standard, they also used a ¹³C₃ isotopically labeled molecule. Extraction was carried out at room temperature with 10 mL of water in the first step and 10 mL of acetonitrile in the second step. 9 mL of the acetonitrile extract was concentrated to 0.5 mL, and the acrylamide was bound on an Oasis MCX SPE column. The LOD value of the instrumental analysis was 1 ng/mL, the limit of quantification (LOQ) was 5 ng/mL, and the recovery was between 74 and 79%. With the method developed for the analysis of teas, a detection limit (LOD) of 20 ng/g (20 µg/kg) was achieved with respect to the original matter. Thus, their results were between the LOD and 100 µg/kg [39].

Ishizuka and his team analyzed polyacrylamide in samples of cosmetic products, among other things. According to their report, their method may be suitable for the analysis of food samples as well. For the preparation of polyacrylamide samples, a combines solid phase microextraction and head space analysis (HS/SPME – Head Space/Solid Phase Micro Extraction) was developed. After mixing with a 2-methylacrylamide internal standard, aqueous polyacrylamide samples were thermostated with stirring at 60 °C for 10 minutes, and then the compounds in the head space were adsorbed for 60 minutes onto a CAR/PDMS (Carboxen-polydimethylsiloxane) fiber. Acrylamide polymers bound to the fiber were desorbed in the splitless injector of a gas chromatograph equipped with a nitrogen-phosphorus detector for 10 minutes at 200 °C. Separation was carried out in a temperature-programmed mode using a 30 m × 0.25 mm 0.25 µm ZB-WAX fused silica column. The calibration curve was recorded in the 0.1-2.0 µg/mL range

from a solution containing 20% polyacrylamide. To determine the recovery, 100 µL (10 µg/mL concentration) aqueous acrylamide solution was added to 1 mL of 25% polyacrylamide solution, together with 2-methylacrylamide internal standard (50 µg/mL). In addition to the nitrogen-phosphorus detector, alternatively, a mass selective detector was also used for the determination of acrylamide, using a 60 m × 0.25 mm, DB-Wax column with a film thickness of 0.25 µm [40].

The determination of acrylamide in foodstuffs is a rather uncomfortable task because of its low molecular weight (71.08 Da), lack of chromophoric properties, high polarity, good water solubility, pronounced reactivity and low volatility. For the gas chromatographic separation used in the laboratories, brominated derivatives have to be prepared. There are numerous compounds that are extracted together with acrylamide which interfere with liquid chromatographic separation. Application of the Quadrupol-Orbitrap hybrid mass analyzer coupled with a high resolution HPLC (HPLC-Q-Orbitrap) may provide further analytical possibilities. Extracts obtained by a clean-up based on the QuEChERS (Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe) method were separated by Pugayeva et al. [41] on a 100 × 3.0 mm Phenomenex column with a 5 µm stationary phase (Torrance, USA) using gradient elution on a UPLC instrument. Eluent A was a 0.1% aqueous solution of formic acid, while eluent B was a 0.1% acetonitrile solution of also formic acid. 10 µL of the extracts was injected into the loop of the HPLC instrument. Using their method, the lowest validated acrylamide level in roasted coffee was 10 µg/kg.

The ion source of the system was a positive ionization mode, high-temperature electrospray unit (H-ESI-I – Heated Electrospray Ionisation). The m/z value of the precursor ion was 72.0444 Da, while in the case of the D₃-acrylamide used as an internal standard it was 75.0632 Da (remember, we are talking about a high resolution MS system). The scan range was set to between 50 and 80 m/z.

Homogenized samples were extracted using 10 mL of water and 10 mL of acetonitrile. Magnesium sulfate and sodium chloride was added to the extracts, they were centrifuged after vigorous shaking, and then 200 mg of PSA (Primary Secondary Amine) and 600 mg of magnesium sulfate was added to the acetonitrile extract. The mixture was centrifuged after vortexing, and then 2 mL of the supernatant was passed through a Strata NH₂SPE column which had been activated with 3 mL of acetonitrile and then vacuum-dried, without the use of a vacuum. HPLC-Q-Orbitrap separation was carried out on the eluate dripping from the SPE column. For the separation, a hydrophilic interaction column (HILIC – Hydrophilic Interaction Chromatography) was used. Mass spectrometric detection was performed in targeted MS2 mode. The ions to be analyzed were screened

by the Quadrupol unit, they were fragmented in the a HCD (High Energy Collision Dissociation) cell, and were collected in the C-trap (Cross-section trap) unit. For identification and quantitative determination, the 72.0 → 54.9 and 75 → 58.0 m/z transitions were used (the latter being the transition of the D₃-acrylamide internal standard). The calibration curve was recorded in the 10 – 500 µg/kg range. Spiked acrylamide contents of the different coffee samples could be measured reproducibly for three days in the 10, 50, 200 and 450 µg/kg range. Average RSD_r values were 7.8, 4.6, 3.5 and 2.3% for the samples spiked with increasing concentrations and with 6 repetitions. Recovery was in the 100-111% range. When analyzing real coffee samples, recoveries were between 99 and 109%. During their work, 22 coffee samples were analyzed. The acrylamide contents of differently roasted coffee samples were in the 166-503 µg/kg range [41].

To determine the acrylamide content of foods with a high fat content is a difficult task because of the high polarity of the compound and its reactivity. Acrylamide is sensitive to high temperature, ultrasound, pH, the degradation activity of microorganisms and to co-extractable interfering compounds. Li et al. [42] chopped up various food samples (potato crisps, potato chips, cracker) using a meat grinder, they were homogenized and fat was removed by n-hexane. Fat-free samples were extracted with a 2 mol/L aqueous sodium chloride solution. The extracts were centrifuged, and the supernatant were clarified using 100 µL each of Carrez I and Carrez II solutions. After clarification, the extracts were again centrifuged, and then the supernatant was extracted with ethyl acetate. Water was added to the organic phase and the volume was reduced to 500 µL in a stream of nitrogen (note: acrylamide may decompose if the solution is evaporated to dryness). The final volume was adjusted to 2.0 mL with water. The contaminants of the extract were removed by passing through an Oasis HLP (6 ml, 200 mg) SPE column, and finally the extract was filtered through a 0.22 µm pore size filter disc. In the case of samples with higher fat contents, better recovery values were obtained by using an Oasis MCX (3 mL, 60 mg) SPE column for the clean-up.

Separation, identification and quantitative determination was carried out on a UHPLC-MS/MS system using a Chrome-Matrix C18 (2.6 µm, 2.1×100 mm) column. Separation was performed in gradient mode. The starting solution of the linear gradient elution was a 0.1% formic acid solution containing 1.0-15% methanol. At the end of the separation, the column was washed with a 0.1% formic acid solution in 15-100% methanol.

Separations were also carried out on an Atlantis dC18 (3 µm, 4.6×150 mm) column. In this case, the linear gradient was produced by adding 80-100% methanol to the 0.1% formic acid base solution. After the separation, the column was washed with 100%

methanol. According to the authors, the analytical performance of the Chrome-Max C18 (2.6 µm, 2.1×100 mm) column proved to be superior in their experiments.

The separated molecules were ionized in a positive ESI source, and mass spectrometric data were collected in the MRM mode. The recorded calibration curve was linear in the 2 – 800 ng/mL range. When using a Chrome-Matrix C18 (2.6 µm, 2.1×100 mm) column, the LOD value of the measurements was 2 µg/kg and the LOQ value was 4 µg/kg. The relative standard deviation (RSD) of the measurement results did not exceed 3.3%. Average recovery was above 89% [42].

For the determination of acrylamide in foods, not only chromatographic techniques are suitable. A method based on the fluorescence immunoassay principle was developed by Hu and his working group [43], using an electrochemical biosensor. The method is based on the change in the fluorescent light emission of water-soluble amino-CdSe/ZnS (λ_{em} =600 nm) semiconducting nanoparticles (QD = Quantum Dot) modified with N-acryloxy-succinimide (NAS-QDs). The NAS-QDs complex was polymerized with UV light in the presence of a diphenyl-(2,4,6-trimethylbenzoyl)-phosphine (TPO) photoinitiator. The polymer itself has a low fluorescence emission. If acrylamide was added to the system, the fluorescence of the polymerized NAS-QDs complex increased significantly. During the measurement, acrylamide was extracted from the sample using the same method as in the case of the HPLC technique. The LOD value of the method was 3.5×10⁻⁵ g/L (35 µg/L), which satisfied the sensitivity requirements of the analyses of potato chips and various cookies. A particular advantage of the method is that, with the exception of L-asparagine, molecules with structures similar to that of acrylamide do not interfere with the measurement [43].

4. Materials and methods

4.1.1. Literature sources of the methods used in the WESSLING laboratories

The method used for the detection and quantitative determination of acrylamide in foods in the laboratory of the Food Safety Business Unit of WESSLING Hungary Kft. was based on the publications of Hoenecke et al. [44], and Mastovska et al. [45].

Using one of the methods published by the Hoecke research group, various foods such as mashed potatoes, French fries, cereals, bread and roasted coffee samples can be conveniently tested. Their other method consisting of more complicated procedures can be used for the analysis of more complex matrices, such as cocoa, instant coffee, molasses or malt. Prepared samples were analyzed using a GC-MS/MS technique. In the mass spectrometric analysis, a sensitivity of 1 µg/kg could be achieved using the two

mass transitions of acrylamide. In routine laboratory practice, an LOQ of 5 µg/kg can be achieved using the gas chromatography technique and 30 µg/kg using the liquid chromatography technique. The variation coefficients of the measurements were in the 3–12% range, depending on the matrix [44]. In the method of Mastovska et al., extraction is performed using a mixture of acetonitrile and water, and then n-hexane is used for fat removal. During the extraction, acrylamide dissolves in the acetonitrile phase. After shaking the extract and short centrifugation, the supernatant n-hexane solution is discarded and PSA (Primary Secondary Amine) sorbent and anhydrous magnesium sulfate is added to 1 mL of the acetonitrile solution. The resulting extract is applied to the separation system. For mass spectrometric analysis, a positive ESI source is used [45].

International standard EN 16618:2015 was adopted by the Hungarian Standards Institution in 2015 for Determination of Acrylamide in Food by Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (LC-ESI-MS/MS), and it was published in August 2015 [46]. Our accredited analyses are performed according to the prescriptions of this standard.

4.1.2. Instruments and equipment

- 50 mL and 10 mL polypropylene centrifuge tubes,
- Horizontal shaker,
- Vortex mixer,
- Centrifuge,
- Volumetric flasks with volumes of 5, 10 and 50 mL,
- Calibrated automatic pipette (100-1000 µL),
- Hamilton syringes (5, 100, 500, 1000 µL),
- Analytical balance (0.1 mg precision),
- HPLC instrument with tandem mass selective detector.

4.1.3. Chemicals, reference materials

- Formic acid (HPLC grade),
- n-Hexane (HPLC grade),
- Acetonitrile (HPLC grade),
- HPLC grade water (e.g., Milli Q),
- Magnesium sulfate, anhydrous,
- Sodium chloride,
- PSA (Primary Secondary Amine sorbent),
- Eluent A: 1 mL formic acid + 5 mL acetonitrile in 1 L Milli Q water,
- Eluent B: acetonitrile,
- SPE columns (multimode polystyrene-divinylbenzene apolar strong anion and cation exchanger, 1000 mg/6 mL),
- Acrylamide standard (Sigma-Aldrich catalog no.: A3553),
- D₃-Acrylamide standard (Sigma-Aldrich catalog no.: 636568).

4.1.4. Sample preparation using our own analytical method

Analyses started with 2 g of sample. In a 50 mL volume lockable centrifuge tube, reference solution corresponding to 500 µg acrylamide, internal standard solution corresponding to 500 µg D₃-acrylamide and 5 mL of n-hexane were added to the spiked sample and it was shaken thoroughly. 10 mL of Milli Q water, 10 mL of acetonitrile, 4 g of anhydrous magnesium sulfate and 0.5 g of sodium chloride were added to the mixture and, after shaking for 5 minutes, it was centrifuged at 3700 rpm for 10 minutes.

After centrifugation, 1 mL of the acetonitrile phase was pipetted into a 10 mL centrifuge tube containing 50 mg of PSA and 150 mg of magnesium sulfate. After vortexing for 10 seconds, the content of the tube was centrifuged at 3700 rpm for 2 minutes and then the phase containing the acrylamide was pipetted into an amber vial, it was sealed and stored refrigerated until the measurement.

4.1.5. Sample preparation according to standard MSZ EN 16618:2015

Since the referenced source [46] is readily accessible to everyone, therefore, the extraction steps of the standard analysis are outlined in a diagram. **Figure 9** shows the steps of the standard extraction procedure of bakers' products and potato-based products. According to the standard, bakers' wares and potato-based products can be extracted without separate fat removal, but in the case of coffee samples the n-hexane step is necessary.

Further clean-up of the aqueous extract of **Figure 9** were carried out using 2 SPE columns. Clean-up steps on the solid phase extraction columns are described in **Figures 10/a** and **10/b** for bakers' wares, potato-based and coffee products (note: no real coffee samples were received).

SPE column no. 1 used for the clean-up of the extracts was conditioned with 3 mL of methanol and then with 2 × 6 mL of water before use. Conditioning of SPE column no. 2 was carried out using 5 mL of methanol and then 5 mL of water. The sample was allowed to pass through the column at a rate of 30 drops/minute without the use of vacuum. For chromatographic separation and quantitative determination, the volume of all extracts was adjusted to 500 µL using a block thermostat no warmer than 40 °C.

4.1.6. Preparation of drinking water samples

1 mL drinking water samples were pipetted into 2 mL vial. Using a Hamilton syringe 10 µL aqueous solution of ¹³C₃-acrylamide internal standard were added to the vial. This mixture were injected to the gas chromatograph.

4.1.7. Concentrations of the calibration curve solutions, quality assurance of the measurements

For the analyses, 1.0 mg/mL acrylamide and 100 µg/mL D₃-acrylamide stock solutions were prepared sing acetonitrile. Stock solutions were stored at -20 °C protected from light for up to two years. From the stock solutions, working solutions and then calibration solutions were prepared. Two calibration series were prepared for the measurements. The calibration curve was recorded in the 5-1,000 µg/kg range.

In the course of the analyses, standard addition samples were also measured in each measurement sequence, with 3 calibration points per sequence. The current state of calibration was only accepted when the regression value was $r^2 > 0.99$. The acceptance range of the recovery values was 70%–120%. End results were corrected with recovery values within the acceptance range. MRM ion ratios of unknown samples could differ from the MRM ion ratios of the standards, measured with the same parameters, by no more than 20%. Accepted retention times of the target components were within $\pm 2.5\%$ compared to the retention times of the components of the calibration solutions. The quality of the results of food and water samples analyzed between 2009 and 2017 was verified by the repeat analysis of a certified reference material. The calibration curve used for the calibration is shown in **Figure 11**. The curve was recorded in the 20, 50, 100, 200, 500 and 1000 ng/mL (µg/kg) range. The r^2 value of the fit was 0.9925. Based on the calibration data, the limit of quantification as determined to be LOQ = 10 µg/kg (for water samples the LOQ was 1.0 µg/L). **Figure 12** shows the chromatograms obtained when measuring the certified reference material (CRM) with an acrylamide content of 54 µg/kg at the transitions 72→55, 72→54 and 72→44 Da.

4.1.8. Main chromatographic and mass spectrometric parameters

- HPLC column: Hypercarb™ (50 mm × 2.1 mm), with a Hypercarb™ (10 mm × 2.1 mm) precolumn,
- Column oven: 22 °C ± 2 °C,
- Injection volume: 10 µL,
- Mobile phase: 0.1% acetic acid in water,
- Eluent flow rate: 400 µL/min,
- Chromatography time: ca. 8 min (acrylamide eluted at 1.7 min),
- Blow-off gas: 400 °C N₂ 600 L/h,
- Nebulizer gas: N₂,
- Cone gas: N₂,
- Collision gas: Ar, with a pressure of 2.3×10^{-3} ,
- Ion source: positive ESI 125 °C,
- Capillary: 2 kV,

- Cone voltage: 20 V,
- Hexapol voltage: 10 V,
- Typical ion transitions: 72 → 55, 75 → 58 (9 eV), 72 → 44 (20 eV), 72 → 54 (16 eV).

Analyses were carried out with an Agilent TripleQuad 6410/6490 LC-MS/MS instrument in MRM measurement mode.

4.1.9. Main gas chromatographic and mass spectrometric parameters (for water samples)

- Instrument: Agilent 6890N gas chromatograph,
- Carrier gas: helium, constant flow: 1.3 cm³/min (41 cm/sec),
- Column: Stabilwax (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm),
- Temperature program: 30 °C (2 min), 25 °C / min up to 200 °C (3 min),
- Injection: pulsed splitless, 2 µL,
- Injector temperature: 250 °C,
- Mass spectrometer: Agilent 5973N MSD,
- Transfer line temperature: 300 °C,
- Mode of analysis: selective ion monitoring (SIM), m/z = 71 and 74.

5. Analytical results

5.1. Analytical results of water samples

Between the years 2006 and 2017, according to the orders of our customers, 250 water samples of Hungarian origin were analyzed with an LOQ = 1.0 µg/L. Acrylamide levels in all our samples were below the LOQ value.

5.2. Analytical results of solid food samples

Up until the end of 2017, a total of 783 solid food samples were sent to our laboratory for acrylamide determination. Among them were 14 salted biscuit, 28 bakers' wares, 25 other foodstuff and 716 potato chip samples. Analysis of the samples in question were ordered by our customers, even though there were no legally regulated reference values for foodstuffs in the European Union during this period.

The acrylamide contents of the 14 salted biscuits were between the LOQ value of 10 µg/kg and 290 µg/kg. The average acrylamide concentration was 126 µg/kg.

Our laboratory tested 28 bakers' wares. In most of the products, the amount of acrylamide was below the LOQ. There were only 5 samples with values between 30 and 50 µg/kg. It should be noted that, according to the current regulation, the permissible acrylamide level of breads is 50 µg/kg, therefore the investigated samples would have been conform to the new legislation [9].

The remaining 25 different food samples cannot be classified into uniform product groups (seeds, vegetable fats, vegetable products, dairy products, etc.). With the exception of 5 samples, the acrylamide levels of all products were below the LOQ value. Acrylamide concentrations above the LOQ were in the 70-220 µg/kg range. Because of the unique nature of the samples, no meaningful conclusions could be drawn from the analytical results.

The majority of our solid food samples were potato-based products, such as chips, crisps and fried potatoes. Of the 715 products analyzed between 2006 and 2017, acrylamide could not be detected in only 21 of them (2.9% „negative” samples).

This means that 97.1% of the foodstuffs made from potatoes contained acrylamide in amounts exceeding the LOQ value (97.1% „positive” samples). Of the positive samples, 106 contained acrylamide at a level exceeding the 750 µg/kg limit value of the regulation currently in force. This number represented 14.8% of all potato-based products. The concentration values of this product group depicted in **Figure 13** in descending order resembles a distribution function. The line drawn across the diagram area indicates the maximum permissible value according to the regulation in force in 2018 (750 µg/kg). **Figure 14** shows the histogram of the measurement results of potato-based products.

6. Conclusions

The harmful effect of acrylamide on human health has been recognized by science for decades. The reactive NH₂ group of the molecule reacts readily with vital proteins, including the enzymes responsible for the genetic regulation of cell division. Its presence in the foods has been known since 2002. In the literature on food safety, there are plenty publications on the biochemical, neurotoxic and genotoxic effects of the compound, as well as on methods aimed at detecting its presence with the highest possible sensitivity. With the development of analytical techniques, more and more complex food matrices can be analyzed.

In the 16 years since 2002, based on the results of a thorough assessment, it was suggested by the responsible institutions of the European Union that the Commission adopt a regulation establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in foods. Thus, the regulation that entered into force in 2017 came about, the rules of which are mandatory for all catering establishments and production sites that manufacture goods for public consumption.

I welcome the fact that, despite the lack of EU regulation, our customers have had the acrylamide content of their products checked for more than 10 years. Taking into consideration the results of the 1,033 products tested in our laboratory over

the past 11 years, meaningful conclusions could be drawn from the acrylamide contents of potato-based products. The statistical distribution of the acrylamide content of the 716 chips, crisps and fried products, despite the fact that our samples did not come from a systematic, representative sampling, showed a good agreement with worldwide literature data surveyed within the limited framework of this publication. 97.7% of our potato-based samples contained measurable amounts of acrylamide, and 14.8% of them would have been objectionable, had the acrylamide contents of the products in question been compared to the limit values that will be effective in the European Union starting from 11, April 2018. Acrylamide is present in many other types of food, and to reduce its amount, effective and responsible measures have to be taken in the future. Based on our analytical results, it seems justified to further monitor the appearance of the products of the Maillard reaction in our foods. Measuring the acrylamide content of foods may be an increasingly important task in the future. To this end, our laboratory continuously improves its professional knowledge and analytical capabilities.

7. Acknowledgement

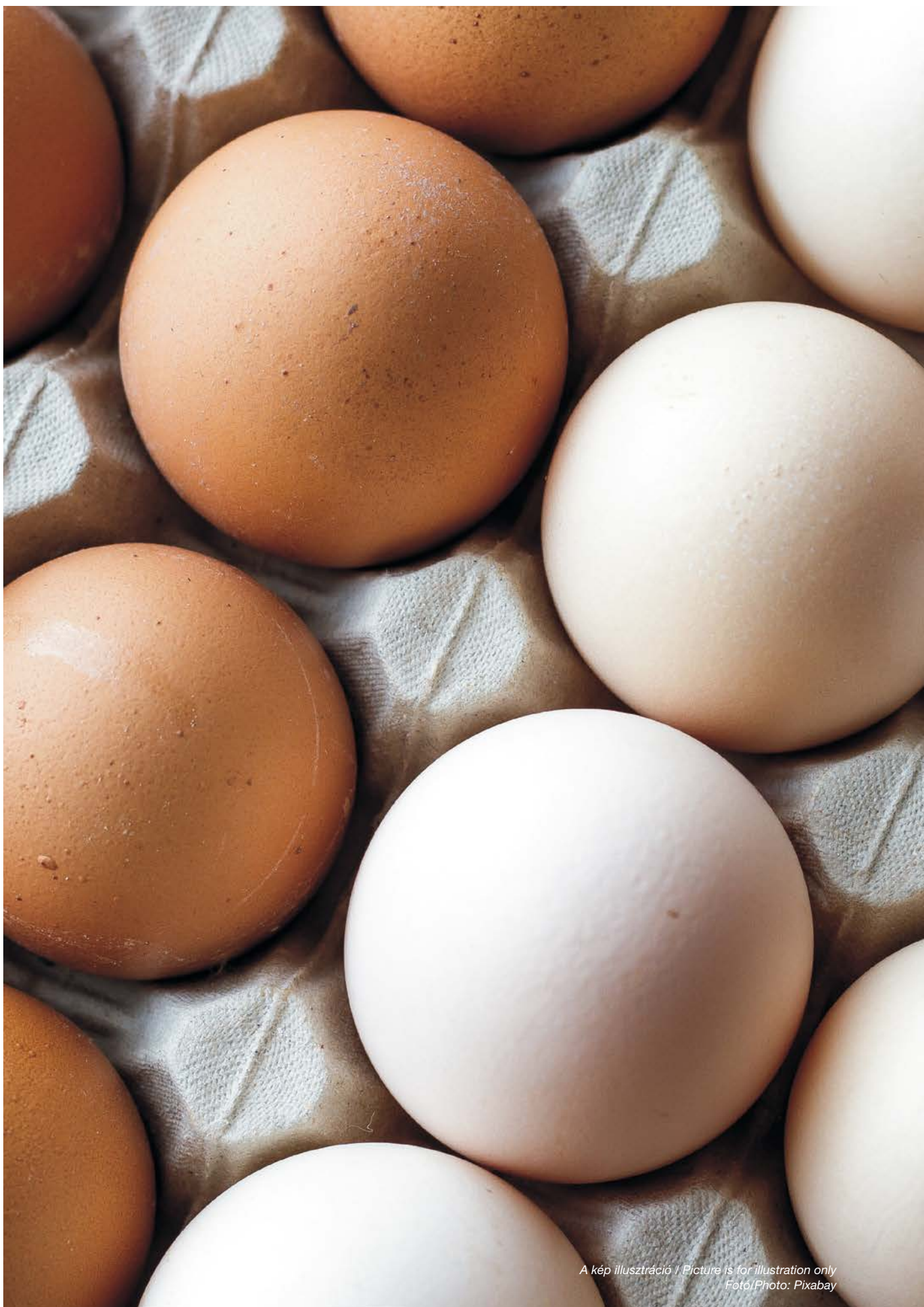
I am grateful to many of my colleagues for the help provided in writing this manuscript. Starting and maintaining a high level of acrylamide analysis in the laboratory of WESSLING Hungary Kft. is a credit to the experts of the Food Testing Laboratory. I am deeply indebted to Dr. Bálint Berente, Eszter Dési, József Keresztúri, Gábor Király, Dr. Ágnes Kovács, József László, Gábor Nagy and all of my colleagues involved in the analyses for their work, help and support. In searching for literature sources, Dr. Krisztina Takács provided invaluable help. I am very thankful for it.

Prof. Dr. Diána Bánáti was by my side during the interpretation of the analytical results accumulated over the years that I spent in the food laboratory, the organization of the available knowledge, and during the integrated review of European food safety systems, and her selfless support, helpfulness and raising issues encouraged me to complete this manuscript. I am extremely grateful for her help.

8. Literature

- [1] Billaud, C., Adrian, J. (2003): Louis-Camille Maillard, 1878–1936. Food Reviews International. 19 (4) pp. 345-374.
- [2] Thomas, A., Thomas, A. (2012): Acrylamide- A Potent Carcinogen in Food. International Journal of Science and Research. 3 (7) pp. 177-180.
- [3] Fennell, T. R., Summer, S. C. J., Snyder, R. W., Burgess, J., Spicer, R., Bridson, W. E., Friedman, M. (2004): Metabolism and Hemoglobin Adduct Formation of Acrylamide in Humans. Toxicological Sciences (85) pp. 447-459.

- [4] Ogawa, M., Oyama, T., Isse, T., Yamaguchi, T., Murakami, T., Endo, Y., Kawamoto, T. (2006): Hemoglobin Adducts as a Marker of Exposure to Chemical Substances, Especially PRTR Class I Designated Chemical Substances. *Journal of Occupation Health*. 48 (5) pp. 314-318.
- [5] Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Törnquist, M. (2002): Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *Journal of Agric. Food Chemistry*. 50 (17) pp. 4998-5006.
- [6] Mc Sweeney, B., Day, C. (Editors) (2002): European Union Risk Assessment Report. Acrylamide. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau. European Commission Joint Research Centre. EUR 19835 EN. Volume 24. pp. 1-221.
- [7] Mc Sweeney, B., Day, C. (Editors) (2002): European Union Risk Assessment Report. Acrylamide. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau. European Commission Joint Research Centre. EUR 19835 EN. Volume 24. p. 66.
- [8] Cherrie J. W., Gorman Ng, M., Shafrir, A., van Tongeren, M., Mistry, R., Warwick, O., Corden, C., Rushton, L., Hutchings, S. (2011): Health, Socio-economic and Environmental Aspects of Possible Amendments to the EU Directive on the Protection of Workers from the Risk Related to exposure to Carcinogenes and Mutagenes at Work. Acrylamide. IOM Research Project. P937/9 May 2011. p. 1.
- [9] European Commission (2017): Commission Regulation (EU) 2017/2158 of (20.11.2017) Establishing Mitigation Measures and Benchmark Levels for the Reduction of the Presence of Acrylamide in Food. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=PL_COM:C\(2017\)7658](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=PL_COM:C(2017)7658). (Acquired: 01.02.2018)
- [10] Hodge J. E. (1953): Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *Journal of Agric. Food Chem.* (1) pp. 928-943.
- [11] Molnár P. (1991): Élelmiszerek érzékszervi vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991. pp. 11.
- [12] Gasztonyi K., Lásztity R. (Editors) (1992): Élelmiszer-kémia 1. kötet. Maillard reakció. pp. 93-96. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1992.
- [13] Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stiojanovic, M., Tallmagde, D. H., Eberhart, B. L., Ewalds, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., Villagran. M. D. (2003): Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods. *Journal of Agric. Food Chem.* (51) pp. 4782-4787.
- [14] Grob, K. (2005): Measures to reduce acrylamide in food. Official Food Control Authority of the Canton of Zurich, Switzerland. Personal PPT Presentation, Symposia at the Animal Health and Food Control Station of County BAZ Miskolc Hungary.
- [15] Intersnack (2008): Acrylamide Reduction Workshop April 2008. TOP 1: Overview General Situation & Background. General Situation concerning Acrylamide in Food Especially Savoury Snacks. PDF Presentation. Doetinchem, Hollandia.
- [16] Grob, K. (2005): Acrylamide Invitation to a Trip from a Phone Call Via Analysis to Implementation. Official Food Control Authority of the Canton of Zurich, Switzerland. Personal PPT Presentation. Symposia at the Animal Health and Food Control Station of County BAZ Miskolc Hungary.
- [17] EFSA CONTAM Panel (2015): Scientific Opinion on Acrylamide in Food. *EFSA Journal* 2015;13(6):4104, 321 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4104. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2015.4104/epdf> (Acquired : 2003.01.2018)
- [18] Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., Halford, N. G. (2017): Acrylamide-forming Potential of Potatoes Grown at Different Locations, and The Ratio of Free Asparagine to Reducing Sugars at Which Free Asparagine Becomes a Limiting Factor for Acrylamide Formation. *Food Chem.* (220) pp. 76-86.
- [19] Weißhaar, R. (2004): Acrylamide in Heated Potatoe Products. Analytics and Formation Routes. Chemisches und Veterinaruntersuchungsamt Stuttgart. Presentation 14. 01. 2004. Stuttgart (29 dia slides).
- [20] Viator C., Muth, K. (2004): Acrylamide: The Next Food Safety Issue? Choices, The Magazine of Food, Farm and Resource Issues. 1st Quarter 2004. pp. 13-17.
- [21] Chen, Y-H., Xia, En-Q., Xu, X-R., Ling, W-H., Li, S., Wu, S., Deng, G-F., Zou, Z-F., Zhou, J., Li, H-B. (2012): Evaluation of Acrylamide in Food from China by a LC/MS/MS Method. *International Environ. Res. Public Health*. 9. (11) pp. 4150-4158.
- [22] European Commission – RASFF portal (2018): Subject: Arylamide. Search Result: 20 notifications <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchResultList> (Aquired: 02.03.2018)
- [23] Bleecker M. L. (1998): Toxic peripheral neuropathy. In: *Environmental and Occupational Medicine*, 3rd edition, W. N. Rom (Editor). New York: Lippincott-Raven Publishers, pp. 697-707, p. 699.
- [24] Cloeren, M. (1992): Acrylamide. In: *Hazardous Materials Toxicology*, Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (Editors). Baltimore: Williams and Wilkens, pp. 940-945.
- [25] Parod, R. (1998): Acrylamide. In: *Encyclopedia of Toxicology*, Vol. 1, Waxler, P. (Editor) New York: Academic Press, pp. 25-26.
- [26] Sanchez, M.R. (1998): Dermatologic principles. In: *Goldfrank's Toxicology Emergencies*, 6th edition, Goldfrank, L.R., Flomenbaum, N.E., Lewin: N.A., Weisman, R.S., Howland, M.A., Hoffman, R.S. (Editors). Connecticut: Appleton and Lange, pp. 474-499.
- [27] Sitting, M. (1991): Acrylamide. *Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens*, 3rd edition Vol. 1, pp. 49-51.
- [28] Kiss Zs., Toldi J. (2013): Élelmiszertoxikológia. Szegedi Tudományegyetem, Élettani, Szervezettani és Idegtudományi Tanszék. Jegyzet. pp. 82-83., pp. 91-94.
- [29] Neuhäusser-Klaus, A., Schmall, W. (1989): Mutagenic and teratogenic effects of Acrylamide in the Mammalian Spot Test. *Mutation Research*, 226. pp. 157-162.
- [30] Russell, L. B., Hunsicker, P. R., N. L.A., Cacheiro, W. M. Generoso (1990): Induction of Specific-locus Mutations in Male Germ Cells of the Mouse by Acrylamide Monomer. *Mutation Research*, 262. pp. 101-107.
- [31] Zhou, B., Yang, L., Sun, Q., Cong, R., Gu, H., Tang, N., Zhu, H., Wang, B. (2008): Cigarette Smoking and the Risk of Endometrial Cancer: A Meta-Analysis. *The American Journal of Medicine* 121, pp. 501-508.
- [32] Je, Y. (2014): Dietary Acrylamide Intake and Risk of Endometrial Cancer in Prospective Cohort Studies. *Arch. Gynecol. Obstet.* 291, pp. 1395-1401.
- [33] Sciandrello, G., Mauro, M., Caradonna, F., Catanzaro, I., Saverini, M., Barbata, G. (2010): Acrylamide Catalytically Inhibits Topoisomerase II in V79 Cells. *Toxicology in Vitro*. 24. pp. 830-834.
- [34] Thakurela S., Garding, A., Jung, J., Schübeler, D., Burger, L., Tiwari, V. K. (2013): Gene regulation and priming by topoisomerase II α in embryonic stem cells. *Nature Communications* | 4:2478 | DOI: 10.1038/ncomms3478 | www.nature.com/naturecommunications (Acquired: 02.01.2018)
- [35] Annamalai, T., Cheng, B., Keswani, N., Tse-Dinh, Y-C. (2018): A Fluorescence-Based Assay for Identification of Bacterial Topoisomerase I Poisons. In: Drolet, M. (Editor), *DNA Topoisomerases: Methods and Protocols*, Methods in Molecular Biology, vol. 1703. pp. 259-268.
- [36] European Commission (2007): Commission Recommendation of 3 May 2007 on the monitoring of acrylamide levels in food (2007/331/EC). <http://www.epa.oszk.hu/00800/00878/01092/pdf/00330040.pdf> (Aquired: 02.03.2018)
- [37] European Commission (2010): Commission Recommendation of 2 June 2010 on the monitoring of acrylamide levels in food (2010/307/EU) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010H0307&from=HU> (Aquired: 02.03.2018)
- [38] European Council (1993): Council Regulation (EEC) No 315/93 of 8 February 1993 laying down Community procedures for contaminants in food. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/> (Aquired: 20.12.2017)
- [39] Liu, J., Zhao, G., Yuan, Y., Chen, F., Hu, X. (2008): Quantitative Analysis of Acrylamide in Tea by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Food Chemistry* (108) pp. 760-767.
- [40] Ishizuka, M., Fujioka, K., Shibamoto, T. (2008): Analysis of Acrylamide in a Complex Matrix of Polyacrylamide Solutions Treated by Heat and Ultraviolet Light. *J. Agric. Food Chem.* (56) pp. 6093-6096.
- [41] Pugayeva, I., Jaunbergs, J., Bartkevicsa, V. (2014): Development of a Sensitive Method for the Determination of Acrylamide in Coffee Using High Performance Liquid Chromatography Coupled to a Hybrid Quadrupole Orbitrap Mass Spectrometer. *Food Additive Contaminant. Part A. Chemical Analytical Control Exposition Risk Assessment*. 32 (2) pp. 170-179.
- [42] Li, X., Li, J., Cao, P., Liu, Y. (2016): High-efficiency Sample Preparation Approach to Determine Acrylamide Levels in High-fat Foods. *Journal of Separation Sci.* 39. (15) pp. 2950-2954.
- [43] Hu, Q., Xu, X., Li, Z., Zhang, Y., Wang, J., Fu, J. (2014): Detection of Acrylamide in Potato Chips Using a Fluorescent Sensing Method Based on Acrylamide Polymerization-induced Distance Increase Between Quantum Dots. *Biosensors and Bioelectronics* (54) pp. 64-71
- [44] Hoenecke, K.; Gattermann, R.; Harder, W.; Hartig, L. (2004): Analysis of Acrylamide in Different Foodstuffs Using Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry and Gas Chromatography-tandem Mass Spectrometry. *Analytica Chimica Acta* (520) pp. 207-215.
- [45] Mastovska, K, Lehotay, S. J. (2006): Rapid Sample Preparation Method for LC-MS/MS or GC-MS Analysis of Acrylamide in Various Food Matrices; *J. Agric. Food Chem.* (54) 19. pp. 7001-7008.
- [46] Hungarian Standard (2015): Food Analysis. Determination of Acrylamide in Food by Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (LC-ESI-MS/MS). EN 16618:2015.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Barna Sarolta¹, Mikulka Petra¹, Frum Zsuzsanna¹, Szakos Dávid¹, Bognár Lajos², Kasza Gyula¹

Érkezett: 2018. január – Elfogadva: 2018. március

A fipronilos tojásbotrány vásárlói magatartásra gyakorolt hatásának vizsgálata Magyarországon

Kulcsszavak: fipronil, gamma-amino-vajsav, tojásbotrány, hatósági kockázatkommunikáció, élelmiszerlánc-biztonság, fogyasztói felmérés, RASFF

1. Összefoglalás

Az európai baromfiágazatot a 2016 őszétől terjedő magas patogenitású madárinfluenza-járvány mellett a 2017 augusztusában gyorsan eszkalálódott fipronilos tojásbotrány is sújtotta. A fenti események Európa-szerte gyors, határozott és összehangolt intézkedést követeltek meg az élelmiszerlánc-biztonsági hatóságoktól. A hiteles információk gyors és folyamatos áramlását az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszere (Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF) tette lehetővé.

A megfelelő hatósági intézkedések azonban önmagukban nem garantálják az élelmiszerbotrányok következtében fellépő gazdasági károk minimalizálását, ezért a hasonló esetekben nagy hangsúlyt kell fektetni a kockázatkommunikációra is. A kockázatkommunikáció alapelvei közé tartozik az objektivitás, időbeliség és közérthetőség [5]. Ezen a módon elkerülhető, hogy indokolatlanul nagymértékben visszaessen a fogyasztás azokban az esetekben, amikor a valós egészségügyi kockázat nem jelentős, vagy amikor a hatóságok, illetve a vállalkozások által megtett lépések már elhárították az adott veszélyt.

A fogyasztási szokásokban bekövetkező változásokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) 2017 őszén 1000 fős minta-elemszámú, személyes megkérdezésre alapozott kérdőíves kutatás keretében mérte fel. Az eredmények tanulsága szerint a hatóság következetes kommunikációs tevékenységének köszönhetően a magyar vásárlók tojással és tojástartalmú élelmiszerekkel kapcsolatos bizalma alapvetően nem ingott meg, amelynek kiemelt jelentősége van a gazdasági károk mérséklésében.

2. Bevezetés

2.1. A fipronil

A fipronil {5-amino-1-[2,6-dikloro- α,α -trifluoro-p-tolil]-4-trifluorometilsulfinilpirazol-3-karbonitril} egy széles hatásspektrumú rovarölő szer, amelyet először 1987-ben szintetizáltak. Az új inszekticid hatású molekula kialakítására az organofoszfát, karbamát típusú rovarölő szerekkel szemben elterjedt rezisztencia miatt volt szükség [7]. A fipronil a rovarok ionotróp GABA-receptorán (Gamma-amino-butyric acid – Gamma amino-vajsav) fejt ki nem-kompetitív gátló hatást, ezáltal hatásmechanizmusát tekintve a

neuronhálózatok túlserkentését okozza [3]. A molekula viszonylag jó szelektivitással rendelkezik, ugyanis a rovarok GABA-receptorai 1-2 nagyságrenddel érzékenyebbek rá, mint az embereké [8]. Lebomlását számos környezeti faktor befolyásolja, többek között a napfény, a hőmérséklet, a páratartalom, a talaj és a biológiai közeg pH-ja is [7]. A fipronil használata széles körben elterjedt a mezőgazdaságban, főként a gerinctelen kártevők elleni védekezésben, illetve állatgyógyászati készítményekben alkalmazzák. Élelmiszercélú állattenyésztés esetében viszont tilos használni [18]. A fipronil tartós vagy ismételt expozíció esetén a szervezetben akkumulálódni képes, amelynek eredményeként neurotoxikus hatást fejt ki.

¹ Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

² Földművelésügyi Minisztérium

A tudomány jelenlegi állása szerint lehetséges karcinogén, így az Egészségügyi Világszervezet a mérsékelten veszélyes vegyi anyagok közé sorolja [20].

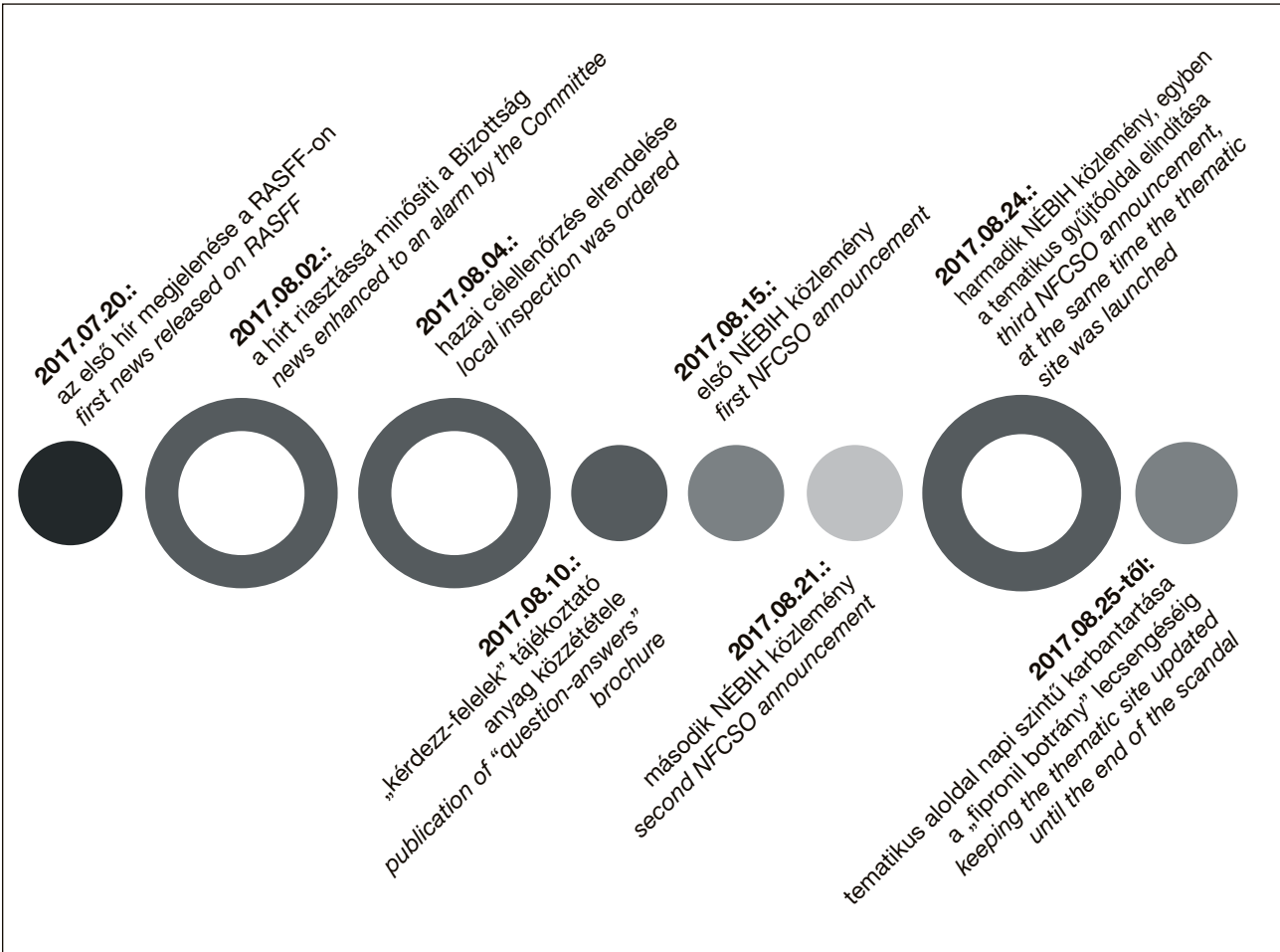
2.2. A fipronilos tojásbotrány kronológiája kockázatkommunikációs megközelítésből

A fipronilszennyezéssel kapcsolatos első hírek 2017. július 20-án jelentek meg a RASFF rendszeren belül. Az online felületen (IRASFF) történő információcserének köszönhetően az érintett országok hatóságai gyorsan és összehangoltan léphetnek fel az élelmiszerbiztonsági kockázatok elhárítsa érdekében, ezzel hozzájárulva a fogyasztók egészségvédelmének biztosításához [4]. A hatósági vizsgálatok során megállapították, hogy a szennyezést a baromfitelegeken alkalmazott biocid készítménybe illegálisan kevert fipronil okozta [16]. A hatósági vizsgálat eredménye nem érte váratlanul a szakembereket, ugyanis a kémiai szennyezők – köztük a fipronil – túlnyomó többsége az elsődleges termelés folyamán, a mezőgazdasági technológiák alkalmazása során kerül az állatok szervezetébe, illetve a növények felületére [12].

A kockázatkommunikációt, mint a kockázatelemzés egyik meghatározó elemét az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló 2008. évi XLVI. törvénnyel emelték be a hazai élelmiszerjogba. Az élelmiszer-

lánc-biztonsági kockázatkommunikációval összefüggő feladatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) látja el a teljes élelmiszerláncot lefedő integrált hatósággként. A hatékony kockázatkommunikáció elveinek megállapításával számos kutató foglalkozott [2], [6], [9], [13], [17], [19] és foglalkozik napjainkban is, így a kockázatkommunikációt a kommunikációtudomány részterületeként progresszív fejlődéssel jellemezhetjük. A sikeres kockázatkommunikációs stratégia tervezése, kiépítése és fenntartása azonban nélkülözhetetlenné teszi a társadalom gondolkodásmódjának, médiahasználati szokásainak, demográfiai és egyéb jellemzőinek megismerését is [19].

A fipronilos tojásszennyezés esetében a társadalom széles körét érintő alapélelmiszerről volt szó, így már az első információk közzétételét követően kiderült, hogy minden érintett tagállami szervezet részéről kiemelt fontosságú a gyors, folyamatos, ugyanakkor biztos alapokon nyugvó kommunikáció. Hazánkban is erre kellett törekedni, tekintve, hogy az utóbbi években mind a lakosság, mind a sajtó fokozottan érzékennyé vált az élelmiszerlánc-biztonságot érintő témák iránt. Fennállt tehát annak a veszélye, hogy nem kellően megfontolt és előkészített kommunikáció hatására a lehetséges válsághelyzet egyben kommunikációs válsaggá is szélesedik. A válsághelyzet



1. ábra. A jelentősebb események időrendben a fipronilos tojásbotrány magyarországi (sajtó) kommunikációja során
Figure 1 Timeline of the major events during the (press) communication of the fipronil egg scandal in Hungary

lehetősége időben történő észlelésének köszönhetően a NÉBIH szakemberei haladéktalanul felkészültek – a hatósági teendőkön túl – a várható lakossági- és sajtókérdésekre is.

Az Európai Unió Bizottsága a szennyezést augusztus elején riasztássá minősítette. Két nappal később – a NÉBIH közreműködésével – a közvéleményt a Földművelésügyi Minisztérium már a hazai céllenőrzés elindításáról tájékoztathatta, amit aktív sajtóérdeklődés követett (1. ábra). A botrány hazai vonatkozásának legjelentősebb kommunikációs eseményére augusztus második felében került sor, amikor a NÉBIH laboratóriumának munkatársai magyar termelésű tojástételekben is kimutatták a szennyezést. A jogkövető termelők és a hazai tojáságazat érdekeinek védelme érdekében az intézkedések során kulcsfontosságú szempont volt, hogy a hatóság az érintett tételekről pontos információval lássa el az érdeklődőket. E célból a hivatal weboldalán tematikus gyűjtőoldal készült, amely a további kommunikációs tevékenységben központi szerepet játszott. A könnyen elérhető megfelelő aloldalon minden érdeklődő könnyen és gyorsan tájékozódhatott, mindamelllett, hogy valamennyi, a témához kapcsolódó releváns információ egyetlen felületen megtalálható volt. A gyűjtőoldal elindítását követően – noha továbbra is jelentős volt a sajtóérdeklődés a téma iránt – számottevően csökkent a sajtómegkeresések száma.

A válság mintegy három hónapos időtartama alatt a NÉBIH-hez összesen 129 sajtómegkeresés érkezett. A téma kiemelt státuszát jól érzékelteti, hogy a

hivatalhoz 2017-ben küldött sajtómegkeresések mintegy 10%-át tették ki a fipronilos tojásbotrányral kapcsolatos kérdések, interjúigények.

A felkérések többsége (59%-a) szóbeli tájékoztatást igényelt, amit a NÉBIH vezető szakemberei teljesítettek. A sajtó munkatársai kérdéseiknek több mint 95%-ára egy napon belül választ kaptak.

A NÉBIH-hez beérkezett lakossági és (írásos választ igénylő) újságírói kérdések összevetése jól szemlélteti, hogy a téma kapcsán merőben eltérő kérdések foglalkoztatták e két jelentős célcsoportot. Amíg a hivatal ügyfélszolgálatát megkereső fogyasztókat – érthető módon – elsősorban személyes érintettségük, illetve a rájuk vonatkozó egészségügyi kockázat érdekelte, addig a sajtó képviselőit a hatósági munka eredményei, valamint a szennyezés lehetséges forrásai foglalkoztatták a legfőképpen (1. táblázat).

Mindez ismételten alátámasztotta annak fontosságát, hogy egy, a fipronilos tojásbotrányhoz hasonló válsághelyzetben a hatóság több célcsoport irányából is megvizsgálja és feldolgozza az adott témát. A hatósághoz érkezett visszajelzések alapján bebizonyosodott, hogy az ismeretek közzétételének hatékony módja lehet a hatóság honlapján a tematikus al-oldalak létrehozása és fő kommunikációs csatornaként történő használata. Utóbbi támasztja alá az is, hogy 2017-ben augusztustól októberig a fipronilos szennyezésről információt szolgáltató oldalnak több mint 22 000 egyedi oldalmegettekintése volt a botrány fő időszakában.

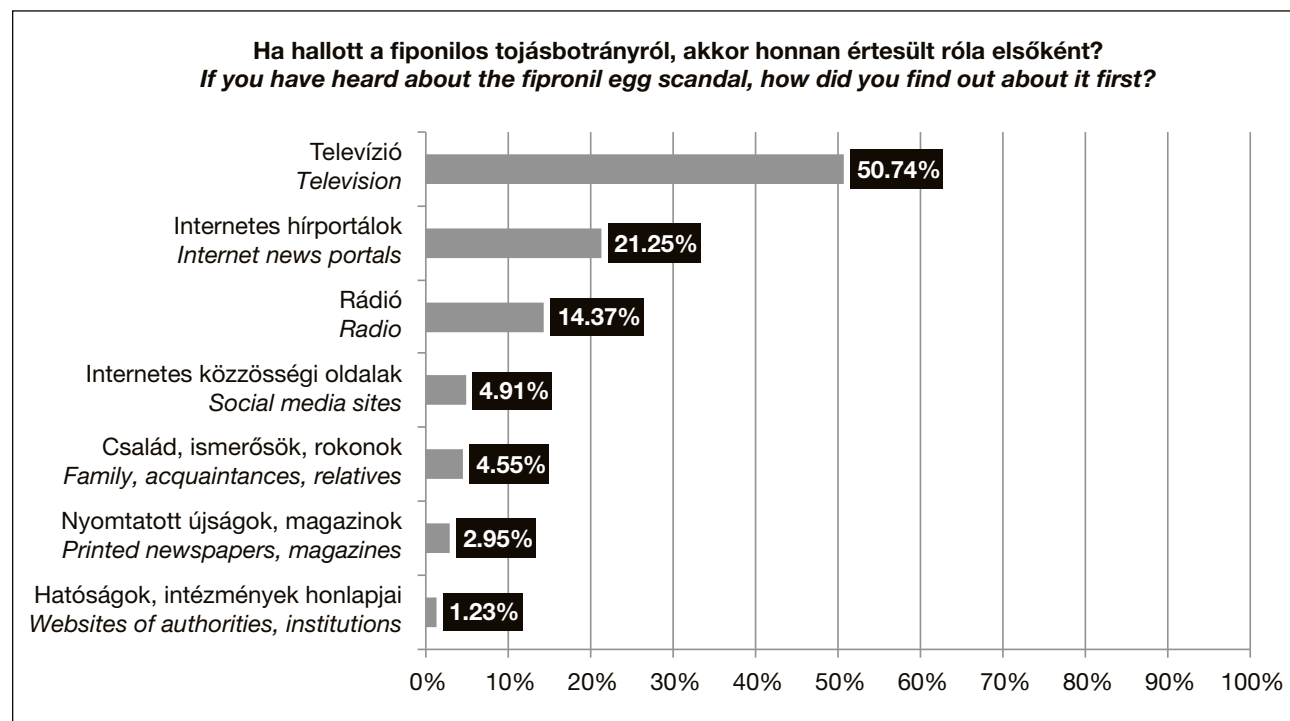
1. táblázat. A fogyasztókat és az újságírókat foglalkoztató főbb kérdések a fipronilos tojásbotrány kapcsán
Table 1 Major issues that concerned consumers and journalists regarding the fipronil egg scandal

Fogyasztókat foglalkoztató fő kérdések Major issues of consumers	Újságírókat foglalkoztató fő kérdések Major issues of consumers
1. Mi a teendő, ha a megvásárolt tojásokon lévő szám megegyezik a közleményben leírtakkal? Mit csináljunk vele? 1. What to do if the number on the eggs purchased is the same as in the bulletin? What to do with the eggs?	1. Hol tart a hazai ellenőrzés-sorozat? Mit találtak a szakemberek? 1. What is the status of the domestic series of inspections? What have the experts found?
2. Ha fogyasztottunk a szennyezett termékből, nem lesz bajunk? 2. We consumed contaminated product, will it harm us?	2. Milyen intézkedéseket hozott a hatóság az érintett termékekkel, termelőkkel szemben? 2. What measures have been taken by the authority against the products and producers concerned?
3. A jelöletlen tojásokat felhasználhatjuk? Nincsen kockázata? 3. Can we used unmarked eggs? Is there a risk?	3. Hogyan fordulhatott elő a szennyezés a hazai termelőknél? 3. How could contamination occur at domestic producers?
4. Ha a XY/4 kódszámú tojás fertőzött, ez jelentheti azt, hogy ugyanazon telephelyen egy másik ólból származó, azaz mondjuk a XY/3 számú is fertőzött? 4. If eggs with the code no. XY/4 are contaminated, can it mean that eggs from the same farm but from a different coop, for example, ones with the no. XY/3 are also contaminated?	4. Kik voltak az érintett magyar termelők? Hogyan azonosíthatóak be? 4. Who were the Hungarian producers involved? How can they be identified?
5. Megvizsgálják-e minden magyar tojástermelőnél a forgalomba hozott tojásokat, nem fertőzöttek-e fipronil rovarirtó szerrel? Ha igen, mikor lehetünk biztosak abban, hogy nem fertőzött tojást fogyasztunk? 5. Are all eggs marketed by Hungarian egg producers tested for the presence of the insecticide fipronil? If so, when can we be sure that the eggs we consume are not contaminated?	5. Milyen veszélyei vannak a fipronilnak? 5. What are the risks of fipronil?

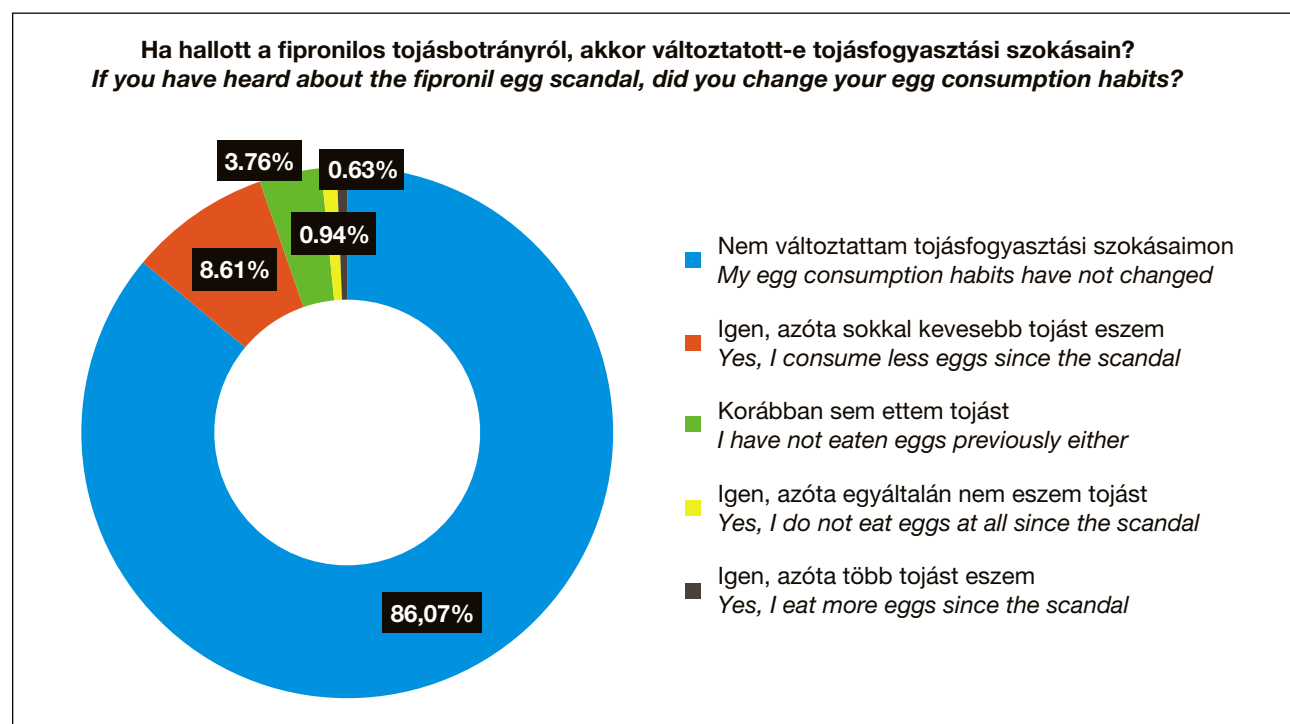
3. Kutatási módszertan

Az elemzés alapjául szolgáló adatok kvantitatív módszertannal készült kérdőíves fogyasztói felmérésből származnak. 2017. november 7-22. között összesen 1000 fővel készítettünk személyes interjút. A kérdőívben nyitott és zárt formátumú kérdések is szerepeltek, az attitűd-jellegű kérdések esetében 5 fokozatú

Likert-skálát alkalmaztunk. A minta a válaszadók neme, életkora és lakóhelye (NUTS 2 tervezési-statisztikai régiók) szerint reprezentatívnak tekinthető a teljes felnőtt korú magyar lakosságra nézve a Központi Statisztikai Hivatal 2016. évi mikrocenzus adatai alapján [10]. Az adatok statisztikai elemzését IBM SPSS Statistics 22.0 szoftvercsomaggal végeztük.



2. ábra. A magyar lakosság elsődleges értesülési forrásai a fipronilos tojásbotrány kapcsán
 Figure 2 Primary information sources of the Hungarian population regarding the fipronil egg scandal



3. ábra. A fipronilos tojásbotrány hatása a hazai vásárlók tojásfogyasztási szokásaira
 Figure 3 Effects of the fipronil egg scandal on the egg consumption habits of domestic consumers

4. Eredmények

4.1. Kommunikációs eszközök

Nyitott kérdéssel vizsgáltuk, hogy a fogyasztók milyen közelmúltbeli ételkészítési-biztonsággal kapcsolatos eseményeket, „ételbiztonsági botrányokat” tudnak spontán módon felidézni. A válaszadók több mint egyötöde (21,10%) idézte fel segítség nélkül a fipronilos tojásbotrányt. Amennyiben zárt formában kérdeztünk rá arra, hogy hallottak-e a fipronilos tojásbotrányról, már a válaszadók majdnem kétharmada (65,09%) válaszolt igennel.

A fogyasztók legnagyobb része először a televízió keresztlátásán (50,74%) értesült a botrányról, amelyet az internetes hírportálok (21,25%) és rádió (14,37%) követett (2. ábra). Az internetes közösségi oldalak (4,91%), a családtól, ismerősektől és rokonoktól szerzett információ (4,55%), a nyomtatott újságok és magazinok (2,95%), valamint a hatóságok és egyéb intézmények honlapjai (1,23%) ezekhez képest jelentősen elmaradtak.

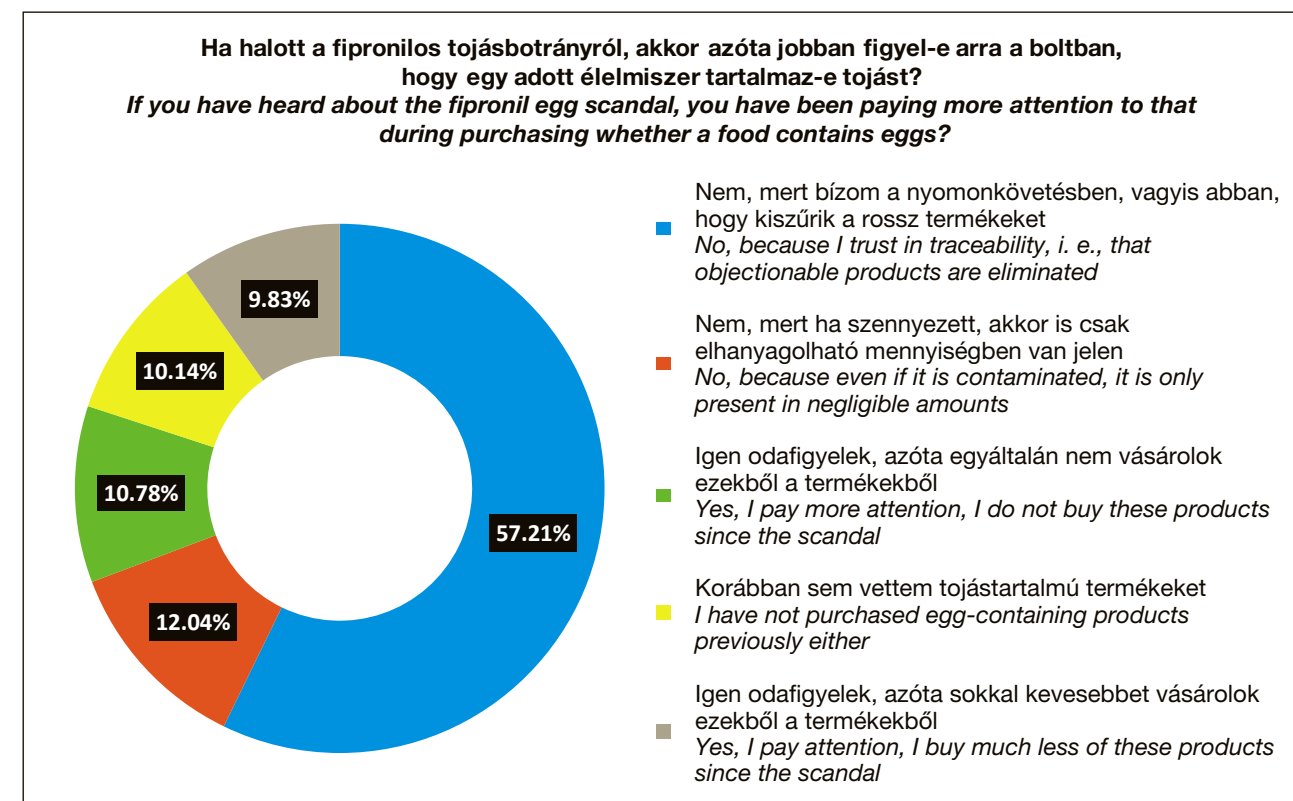
4.2. A fipronilos tojásbotrány fogyasztói magatartásra gyakorolt hatása

Az eredmények alapján a magyar vásárlók döntő többsége (86,07%) a botrány ellenére sem változtatott tojásfogyasztási szokásain, sőt kis részük (0,63%) még növelte is a fogyasztását (3. ábra). A tojásbotrány hatására a válaszadók 8,61%-a jelentősen kevesebb tojást fogyaszt az eset óta, míg

0,94%-uk teljes mértékben felhagyott a fogyasztásával, 3,76% pedig korábban sem fogyasztott tojást.

Kutatásunk célja volt információt nyerni nemcsak a friss tojásra, hanem a tojástartalmú élelmiszerekre vonatkozó vásárlói szokásokkal kapcsolatban is. A kérdést vizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy a fogyasztók többsége (57,21%) bízott a nyomkövetésben, vagyis abban, hogy a kifogásolt termékeket kiszűrik, így nem változtatott vásárlási szokásain, nem tartotta lényegesnek azt, hogy az adott feldolgozott ételkészítési termék tartalmaz-e tojást, vagy sem (4. ábra). A válaszadók 12,04%-a pedig azért nem változtatott addigi beszerzési gyakorlatán, mert úgy vélte, hogy ha az ételkészítési termék szennyezett tojást felhasználásával is készült, az összetett végtermék valószínűleg már csak elenyésző mennyiségben tartalmazhat fipronilt. Viszonylag nagy százalékot képviseltek azok a vásárlók, akik a botrány óta sokkal kevesebb tojástartalmú terméket vásárolnak (9,83%), illetve azok is, akik saját bevallásuk szerint teljes mértékben felhagytak a tojástartalmú élelmiszerek vásárlásával (10,78%). A válaszadók 10,14%-a nyilatkozott úgy, hogy korábban sem vásárolt tojástartalmú élelmiszereket.

A fipronilos tojásbotrány miatt több mint 100 000 baromfit kellett leölni, a kereskedelembe kikerült érintett tételeket vissza kellett hívni, illetve megsemmisíteni. Ezek az intézkedések a tojás fogyasztói árának jelentős emelkedését okozták [1], [11]. Az Agrárgazdasági Kutató Intézet és a Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján a 2016-os trendet jelentősen meg-



4. ábra. A fipronilos tojásbotrány hatása a hazai fogyasztók tojástartalmú élelmiszerekkel kapcsolatos vásárlási szokásaira
 Figure 4 Effects of the fipronil egg scandal on the purchasing habits of domestic consumers regarding egg-containing foods

haladó áremelkedés már a jelen kutatás készítésekor érzékelhető volt a vásárlók számára, ennek fényében pedig kifejezetten pozitív színezetűnek tekinthetők a fenti eredmények. Az M méretosztályú, dobozos tojás csomagolóhelyi értékesítési árának alakulását a 2016. és 2017. évre vonatkozóan az **5. ábra** szemlélteti.

A tojás piaci árának emelkedéséhez hozzájárulhatott a 2016 őszétől a Magyarország területén is megjelenő H5N8 szerotípusú, magas patogenitású madárinfluenza járvány is. A járvány következtében hazánkban mintegy 2,65 millió baromfi kényszerleölését rendelte el a hatóság, amelynek eredményeképpen az állattartóknál jelentkező közvetlen kár 10,1 milliárd forintot tett ki [15]. A gazdasági károk nemcsak a közvetlen elhullásokból és kényszerleölésekből eredtek, hanem az EU-n kívüli országok importkorlátozásaiól is [14].

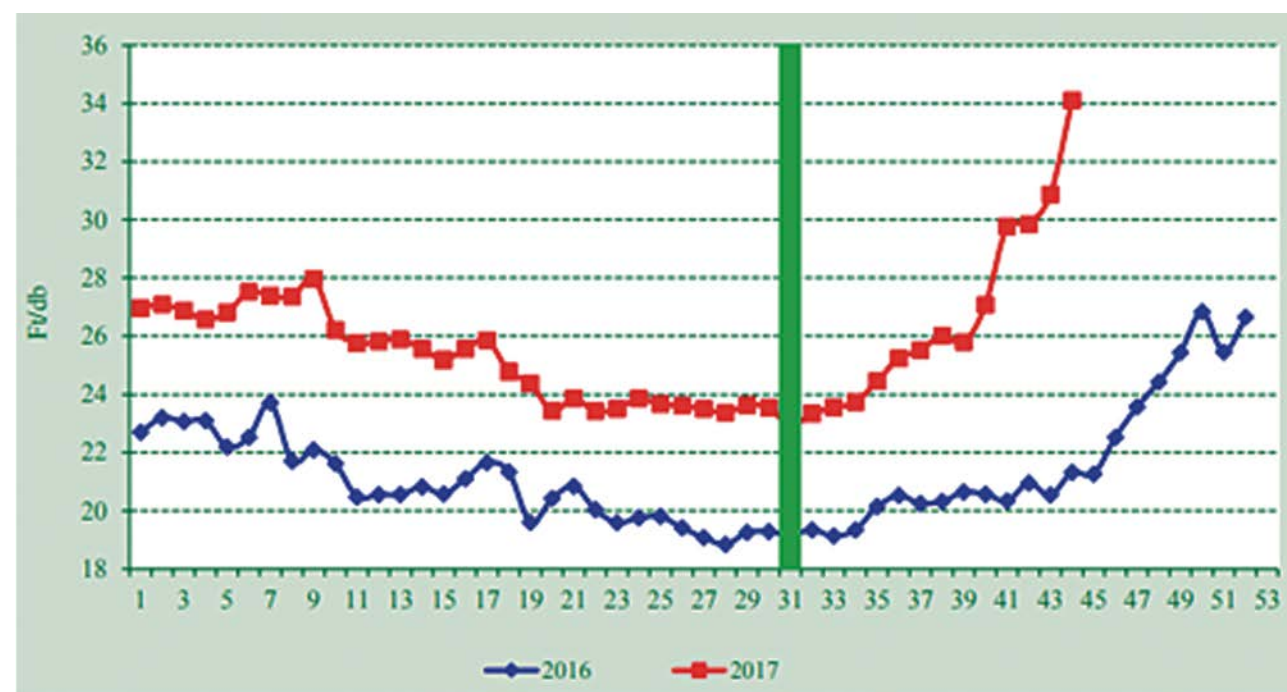
5. Következtetések

A 2016 augusztusában a Nyugat-Európában kirobbant fipronilos tojásbotrány Magyarországot is érintette. A baromfitartásban nem engedélyezett hatóanyag szabálytalan alkalmazása miatt a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal intézkedései alapján korlátozni kellett a tojásforgalmazást és nagylétszámú baromfitelepek állományát kellett leölni. Az élelmiszerlánc-biztonsági intézkedések nyomán sikerült megakadályozni, hogy a rovarölő szerrel szennyezett tojások a fogyasztók egészségében és életminőségében mérhető károkat okozzanak. A fipronilos szennyezés híre a NÉBIH szakembereinek kommunikációs tevékenysége révén alátámasztott forrásból és naprakész információval jutott

el a lakossághoz. A szerzők személyes megkérdezésre alapozott fogyasztói felméréssel kapott adatok alapján, statisztikai módszereken keresztül mutatták be a lakosság válaszreakcióit. A fipronil botrány kapcsán gyűjtött adatok és tapasztalatok segítséget nyújthatnak egy újabb, a jövőben esetleg felbukkanó, az élelmiszerlánc-biztonságot veszélyeztető esemény káros következményeinek minimalizálásához.

6. Irodalom

- [1] Agrárgazdasági Kutató Intézet (2017): Baromfiipiaci információk. Heti tojáspiacei információk. <https://www.aki.gov.hu/publikaciok/publikacio/a:221/Baromfiipiaci+inform%C3%A1ci%C3%B3k> (utoljára letöltve: 2018. január 17.)
- [2] Bánáti, D., & Lakner, Z. (2002). The food safety issue and the consumer behaviour in a transition economy: A case study of Hungary. *Acta Alimentaria*, 31(1), p. 21-36
- [3] Cole, L. M., Nicholson, R. A. & Casida, J. A. (1993): Action of Phenylpyrazole Insecticides at the GABA-Gated Chloride Channel Pestic Biochem Physiol. 46(1). p. 47-54
- [4] Dorogházi, E., Maczák, B. & Mészáros, L. (2017): Az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszere. *Élelmiszer-vizsgálati közlemények*. 63(2). p.1564-1577
- [5] EFSA (2017): Risk Communication Guidelines. When food is cooking up a storm. Proven recipes for risk communications. Third edition. ISBN 978 92 9199 778 7 <https://www.efsa.europa.eu/en/corporate/pub/riskcommguidelines170524> (utoljára letöltve: 2018. február 1.)



5. ábra. Az M méretosztályú, dobozos tojás csomagolóhelyi értékesítési árának alakulása a 2016. és 2017. évben, a zöld vonal jelzi a fipronilos tojásbotrány kitörésének időpontját (Forrás: AKI-PÁIR, 2017)
Figure 5 Changes in the packaging place sales price of size M boxed eggs in 2016 and 2017. The green line indicates the start of the fipronil egg scandal (Source: AKI-PÁIR, 2017)

- [6] Frewer, L. (2004): The public and effective risk communication. *Toxicology letters*, 149(1). p. 391-397
- [7] Gunasekara, A. S., Truong, T., Goh, K. S., Spurlock, F. & Tjeerdema, R. S. (2007): Environmental fate and toxicology of fipronil. *Journal of Pesticide Science*. 32(3). p. 189-199
- [8] Hainzl, D., Cole, L.M. & Casida, J. E. (1998): Mechanisms for selective toxicity of fipronil insecticide and its sulfone metabolite and desulfinyl photoproduct. *Chem Res Toxicol*, 11(12). p. 1529-1535
- [9] Klink, A. & Renn, O. (2002): A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies. *Risk analysis*, 22(6). p. 1071-1094
- [10] KSH (2016): Mikrocenzus 2016 – 3. Demográfiai adatok http://www.ksh.hu/mikrocenzus2016/kotet_3_demografiai_adatok (utoljára letöltve: 2018. január 15.)
- [11] KSH (2017): Fogyasztói-indexek a termékek és szolgáltatások részletes csoportjai szerint. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_qsf002i.html (utoljára letöltve: 2018. január 17.)
- [12] Laczay, P. (2012): Élelmiszer-higiénia, élelmiszer-biztonság. *Magyar Tudomány*. 173(1). p. 4-10
- [13] Lakner, Z., Szabó, E., & Hajdu, I. (2005). The 2004 paprika scandal: anatomy of a food safety problem. *Studies in Agricultural Economics* (Budapest), 102, p. 67-82
- [14] NÉBIH (2018): Kereskedelmi tudnivalók a hazai magas patogenitású madárinfluenza kitöréssel kapcsolatban. <http://portal.nebih.gov.hu/-/kereskedelmi-tudnivalok-a-hazai-magas-patogenitasu-madarinfluenza-kitoresel-kapcsolatban> (utoljára letöltve: 2018. január 23.)
- [15] NÉBIH (2017): Országos Főállatorvosi Jelentés. 2016. évi jelentés az élelmiszerlánc-biztonságról és az élelmiszerlánc-felügyeleti díj felhasználásáról. <http://portal.nebih.gov.hu/>

országos-foallatorvosi-jelentes (utoljára letöltve: 2018. január 23.)

- [16] NÉBIH (2017): Tájékoztató a fipronilról és a holland tojásszennyezési esetről. https://portal.nebih.gov.hu/informaciok/elelmiszer/lakossagi/elelmiszerbiztonsag/elelmiszerbiztonsag-lakossagi/-/asset_publisher/4ndba0yRXvQX/content/kerdezz-felelek-a-fipronilrol-es-a-holland-tojasszennyezesi-esetrol/egyuttmukodesi-megallapodast-kotott-a-nebih-es-a-tej-termektanacs-a-magyar-tejgazdasag-vedelmeert (utoljára letöltve: 2018. január 23.)
- [17] Shan, L., Regan, Á., De Brún, A., Barnett, J., van der Sanden, M. C., Wall, P., & McConnon, Á. (2014). Food crisis coverage by social and traditional media: A case study of the 2008 Irish dioxin crisis. *Public Understanding of Science*, 23(8), p. 911-928
- [18] Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D. W., Giorio C., Girolami V., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C. H., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E. A., Morrissey, C. A., Noome, D. A., Pisa, L., Settele, J., Stark, J. D., Tapparo, A., Van Dyck, H., Van Praagh, J., Van der Sluijs, J. P., Whitehorn, P. R. & Wiemers, M. (2015): Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1). p. 5-34
- [19] Verbeke, W., Frewer, L. J., Scholderer, J., & De Brabander, H. F. (2007). Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Analytica Chimica Acta*, 586(1), p. 2-7
- [20] WHO (2009): The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. ISBN 978 92 4 154796 3 http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/ (utoljára letöltve: 2018. január 23.)



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Sarolta Barna¹, Petra Mikulka¹, Zsuzsanna Frum¹, Dávid Szakos¹, Lajos Bognár²,
Gyula Kasza¹

Received: 2018 January – Accepted: 2018 March

Assessing the impact of the fipronil egg scandal on consumer behavior in Hungary

Keywords: fipronil, gamma-aminobutyric acid, egg scandal, authority risk communication, food chain safety, consumer survey, RASFF

1. Summary

In addition to high pathogenicity avian influenza outbreak that started in the fall of 2016, the European poultry sector was also affected by the fipronil egg scandal that escalated quickly in August 2017. The above-mentioned incidents demanded rapid, decisive and coordinated action on the part of food chain safety authorities across Europe. Fast and continuous flow of credible information has been made possible by the Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) of the European Union.

However, adequate authority measures alone do not guarantee the minimization of the economic damages caused by food scandals, therefore, great emphasis should be placed on risk communication as well in similar cases. The basic principles of risk communication include objectivity, timeliness and clarity [5]. This way, it is possible to avoid unreasonably high drops in consumption in cases where the real health risk is not significant, or the risk has already been eliminated by the action taken by the authorities or businesses.

Changes in consumption habits were assessed by the National Food Chain Safety Office (NFCSSO) in the fall of 2017 through a questionnaire survey based on personal interviews with 1,000 people. According to the results, thanks to the consistent communication activity of the authority, the confidence of Hungarian consumers in eggs and egg-containing products did not fundamentally drop, and this is of particular importance in the reduction of economic damages.

2. Introduction

2.1. Fipronil

Fipronil {5-amino-1-[2,6-dichloro- α,α,α -trifluoro-p-tolyl]-4-trifluoromethylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile} is a broad spectrum insecticide, initially synthesized in 1987. Development of a new insecticidal molecule was necessary because of the widespread resistance to organophosphate and carbamate insecticides. [7]. Fipronil exerts a non-competitive inhibitory effect on the ionotropic GABA (gamma-aminobutyric acid) receptor of insects, thus, in terms of its mechanism of action, it causes overstimulation of neural networks [3]. The molecule exhibits a relatively good selectivity,

because the GABA receptors of insects are 1 to 2 orders of magnitude more sensitive to it than those of humans [8]. Its degradation is influenced by a number of environmental factors, including sunlight, temperature, humidity, and the pH of the soil and the biological medium [7]. Fipronil is widely used in agriculture, especially in the control of invertebrate pests and in veterinary medicines. However, it is forbidden to use it in food-producing animals [18]. Fipronil can accumulate in the body in the case of sustained or repeat exposure, resulting in a neurotoxic effect. According to the present state of scientific knowledge, it is a possible carcinogen, therefore, it is classed by the World Health Organization as a Class II moderately hazardous pesticide [20].

2.2. Chronology of the fipronil egg scandal from a risk communication point of view

The first news about the fipronil contamination appeared in the RASFF system on July 20, 2017. Thanks to the exchange of information on the online interface (iRASFF), authorities of the countries concerned can act swiftly and in a coordinated way to avert food safety risks, thereby contributing to the protection of consumers' health [4]. It was established during official investigations that the contamination was caused by fipronil mixed illegally into biocidal products used at poultry farms [16]. Results of the official investigation were not unexpected to the experts due to the fact that the overwhelming majority of chemical contaminants, including fipronil, enter the bodies of the animals or find their way to the surface of the plants during the primary production process, through the application of agricultural technologies [12].

Risk communication as one of the key elements of risk assessment was incorporated into domestic food law by Act No. XLVI of 2008 on food chain and its control. Food chain safety risk communication tasks are carried out by the National Food Chain Safety Office (NFCSSO) as an integrated authority covering the entire food chain. Many researchers have dealt, and still deal today, with the determination of the principles of effective risk communication [2], [6], [9], [13], [17], [19], so risk communication as part of communication science can be characterized by progressive development. However, designing, developing and maintaining a successful risk communication strategy absolutely requires to get to know the way society thinks, its media usage habits, as well as its demographic and other characteristics [19].

In the case of the fipronil egg contamination, it concerned a basic food consumed by a wide range of social groups, therefore, already after the publication of the first information, it was apparent that rapid, continuous communication based on firm foundations on the part of all concerned member state organizations was of paramount importance. We strove to achieve the same in Hungary, considering that in recent years, both the population and the press have become increasingly sensitive to issues related to food chain safety. There was therefore a risk that the potential crisis could widen to a communication crisis as well, due to insufficiently prudent and prepared communication. Thanks to the timely detection of the possible crisis, the experts of NFCSSO immediately got ready, in addition to perform authority measures, to answer the expected questions of the population and the press.

The contamination was classified as an alarm by the Commission of the European Union at the beginning of August. Two days later, with the involvement of

NFCSSO, the general public was informed by the Ministry of Agriculture about the launch of targeted inspections in Hungary, which was followed by active press inquiries (Figure 1). The most significant communication event of the Hungarian aspect of the scandal took place in the second half of August, when the contamination was detected in domestic egg batches by the staff of the NFCSSO laboratory. In order to protect the interest of law-abiding producers and the domestic egg sector, it was a key aspect during the measures to provide accurate information about the batches concerned to interested parties by the authority. To this end, a thematic collection page was set up on the website of the office, which played a central role in further communication activities. All interested parties could find information easily and quickly on the easily available subpage, in addition to being able to find all relevant information related to the topic on a single interface. Following the launch of the collection page, although there was still a significant interest in the topic by the press, the number of press inquiries decreased significantly.

During the three-month period of the crisis, a total of 129 press inquiries have been received by NFCSSO. The priority status of the topic is well illustrated by the fact that questions and interview requests related to the fipronil egg scandal made up approximately 10% of all press inquiries registered by the office in 2017.

Most of the inquiries (59%) requested verbal information, which was provided by the leading experts of NFCSSO. More than 95% of the questions posed by the press were answered within 24 hours.

Comparison of the questions received by NFCSSO from the population and from the press (requiring a written answer) clearly illustrates that the two major target groups were concerned with quite different questions regarding the topic. While consumers contacting the customer service of the office were understandably interested primarily in their personal involvement and the health risk to them, media representatives were mainly interested in the results of authority work and the possible sources of the contamination (Table 1).

This has repeatedly underlined the importance of examining and processing the given subject from the point of view of several target groups by the authority in a crisis situation similar to the fipronil egg scandal. Based on the feedback received by the authority, it has been proven that the creation of thematic subpages on the website of the authority and using them as the main communication channel could be an effective way of publishing information. This is also supported by the fact that, from August to October of 2017, in the main period of the scandal, the page providing information on the fipronil contamination had more than 22,000 unique views.

1 National Food Chain Safety Office

2 Ministry of Agriculture

3. Research methodology

Data that the analysis is based on come from a questionnaire consumer survey using a quantitative methodology. Between November 7 and 22, 2017, personal interviews were conducted with a total of 1,000 persons. The questionnaire contained both open and closed questions and, in the case of attitude-type questions, a 5-point Likert scale was used. In terms of the gender, age and place of residence of the respondents (NUTS 2 design-statistical regions), the sample is considered representative of the total adult population of Hungary, based on the 2016 microcensus of the Hungarian Central Statistical Office [10]. Statistical analysis of the data was carried out using the IBM SPSS Statistics 22.0 software package.

4. Results

4.1. Communication tools

It was investigated using an open question what recent food chain safety related events, "food scandals" could be recalled spontaneously by the consumers. More than one fifth of respondents (21.10%) recalled without help the fipronil egg scandal. When it was asked using a closed question whether they had heard about the fipronil egg scandal, almost two thirds of the respondents (65.09%) answered yes.

Most consumers first heard about the scandal through the television (50.74%), followed by internet news portals (21.25%) and the radio (14.37%) (Figure 2). Social media sites (4.91%), information from family, acquaintances and relatives (4.55%), printed newspapers and magazines (2.95%), and the websites of the authorities and other institutions (1.23%) were significantly behind in comparison.

4.2. Effects of the fipronil egg scandal on consumer behavior

Based on the results, the vast majority (86.07%) of Hungarian consumers did not alter their egg consumption habits despite the scandal, a small fraction of them (0.63%) even increased their consumption (Figure 3). As a result of the egg scandal, 8.61% of respondents consumes significantly less eggs since the case, 0.94% of them abandoned egg consumption completely, while 3.76% of them had not eaten eggs before either.

The goal of our research was to gain information about consumer habits related not only to fresh eggs, but also egg-containing foods. Looking at the issue, we came to the conclusion that the majority of consumers (57.21%) trusted in traceability, i.e., that objectionable products were going to be eliminated, and so they did not alter their purchasing habits, they did not consider it important whether the given processed food contained eggs or not (Figure 4).

12.04% of the respondents did not alter their previous purchasing practice, because they believed that even if the food was produced using contaminated eggs, the finished product is likely to contain negligible amounts of fipronil. There is a fairly large percentage of consumers who buy a lot less egg-containing products since the scandal (9.83%), as well as those who, by their own admission, completely stopped purchasing egg-containing foods (10.78%). 10.14% of respondents stated that they had not purchased egg-containing foods previously either.

Because of the fipronil egg scandal, more than 100,000 poultry had to be killed, affected commercial batches had to be recalled or destroyed. These measures resulted in a significant increase in the consumer price of eggs [1], [11]. Based on the data of the Agricultural Research Institute and the Hungarian Central Statistical Office, the price increase that significantly exceeded the 2016 trend could already be felt by consumers at the time of the present research and, in light of this, the above results could be considered to be very positive. Changes in the packaging place sales price of size M boxed eggs for the years 2016 and 2017 are shown in Figure 5.

The serotype H5N8 high pathogenicity avian influenza outbreak in Hungary might have also contributed to the increase in the market price of eggs. As a consequence of the epidemic, in Hungary, the forced slaughter of about 2.65 million poultry was order by the authority, which resulted in 10.1 billion HUF in direct damages to livestock farmers [15]. Economic damages were not only caused by direct deaths and forced slaughter, but also by import restrictions imposed by non-EU countries [14].

5. Conclusions

The August 2016 Western European fipronil egg scandal affected Hungary as well. Because of the illegal use of the active ingredient, not authorized for use in poultry farming, based on the measures of the National Food Chain Safety Office egg distribution had to be restricted and the animals at large poultry farms had to be killed. Food chain safety measures prevented eggs contaminated with the insecticide from damaging the health and quality of life of consumers to a measurable extent. Through the communication activity of the experts of NFCSO, news of the fipronil contamination reached the public from a confirmed source and with information updated daily. Based on data obtained by the authors through personal interviews, the response of the population was presented with the help of statistical methods. The data and experience gathered in connection with the fipronil scandal can be helpful in the minimization of the adverse consequences of any potential events that could threaten food chain safety in the future.

6. References

- [1] Agrárgazdasági Kutató Intézet (2017): Baromfipiaci információk. Heti tojáspiaci információk. <https://www.aki.gov.hu/publikaciok/publikacio/a:221/Baromfipiaci+-inform%C3%A1ci%C3%B3k> (utoljára letöltve: 2018. január 17.)
- [2] Bánáti, D., & Lakner, Z. (2002). The food safety issue and the consumer behaviour in a transition economy: A case study of Hungary. *Acta Alimentaria*, 31(1), p. 21-36
- [3] Cole, L. M., Nicholson, R. A. & Casida, J. A. (1993): Action of Phenylpyrazole Insecticides at the GABA-Gated Chloride Channel Pestic Biochem Physiol. 46(1). p. 47-54
- [4] Dorogházi, E., Maczák, B. & Mészáros, L. (2017): Az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági riasztási rendszere. *Élelmiszer-vizsgálati közlemények*. 63(2). p.1564-1577
- [5] EFSA (2017): Risk Communication Guidelines. When food is cooking up a storm. Proven recipes for risk communications. Third edition. ISBN 978 92 9199 778 7 <https://www.efsa.europa.eu/en/corporate/pub/riskcommguidelines170524> (utoljára letöltve: 2018. február 1.)
- [6] Frewer, L. (2004): The public and effective risk communication. *Toxicology letters*, 149(1). p. 391-397
- [7] Gunasekara, A. S., Truong, T., Goh, K. S., Spurlock, F. & Tjeerdema, R. S. (2007): Environmental fate and toxicology of fipronil. *Journal of Pesticide Science*. 32(3). p. 189-199
- [8] Hainzl, D., Cole, L.M. & Casida, J. E. (1998): Mechanisms for selective toxicity of fipronil insecticide and its sulfone metabolite and desulfinyl photoproduct. *Chem Res Toxicol*, 11(12). p. 1529-1535
- [9] Klinker, A. & Renn, O. (2002): A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies. *Risk analysis*, 22(6). p. 1071-1094
- [10] KSH (2016): Mikrocenzus 2016 – 3. Demográfiai adatok http://www.ksh.hu/mikrocenzus2016/kotet_3_demografiai_adatok (utoljára letöltve: 2018. január 15.)
- [11] KSH (2017): Fogyasztói-indexek a termékek és szolgáltatások részletes csoportjai szerint. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi_e_qsf002i.html (utoljára letöltve: 2018. január 17.)
- [12] Laczay, P. (2012): Élelmiszer-higiéna, élelmiszer-biztonság. *Magyar Tudomány*. 173(1). p. 4-10
- [13] Lakner, Z., Szabó, E., & Hajdu, I. (2005). The 2004 paprika scandal: anatomy of a food safety problem. *Studies in Agricultural Economics* (Budapest), 102, p. 67-82
- [14] NÉBIH (2018): Kereskedelmi tudnivalók a hazai magas patogenitású madárinfluenza kitöréssel kapcsolatban. <http://portal.nebih.gov.hu/-/kereskedelmi-tudnivalok-a-hazai-magas-patogenitasu-madarinfluenza-kitoresel-kapcsolatban> (utoljára letöltve: 2018. január 23.)
- [15] NÉBIH (2017): Országos Főállatorvosi Jelentés. 2016. évi jelentés az élelmiszerlánc-biztonságról és az élelmiszerlánc-felügyeleti díj felhasználásáról. <http://portal.nebih.gov.hu/orszagos-foallatorvosi-jelentes> (utoljára letöltve: 2018. január 23.)
- [16] NÉBIH (2017): Tájékoztató a fipronilról és a holland tojásszennyezési esetről. https://portal.nebih.gov.hu/informaciok/elemiszer/lakossagi/elemiszerbiztonsag/elemiszerbiztonsag-lakossagi/-/asset_publisher/4ndba0yRXvQX/content/kerdezz-felelek-a-fipronilrol-es-a-holland-tojasszennyezesi-esetrol/egyuttmukodesi-megallapodast-kotott-a-nebih-es-a-tej-termektanacs-a-magyar-tejagazat-vedelmeert (utoljára letöltve: 2018. január 23.)
- [17] Shan, L., Regan, Á., De Brún, A., Barnett, J., van der Sanden, M. C., Wall, P., & McConnon, Á. (2014). Food crisis coverage by social and traditional media: A case study of the 2008 Irish dioxin crisis. *Public Understanding of Science*, 23(8), p. 911-928
- [18] Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D. W., Giorio C., Girolami V., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C. H., Liess, M., Long, E., McFieid, M., Mineau, P., Mitchell, E. A., Morrissey, C. A., Noome, D. A., Pisa, L., Settele, J., Stark, J. D., Tapparo, A., Van Dyck, H., Van Praagh, J., Van der Sluijs, J. P., Whitehorn, P. R. & Wiemers, M. (2015): Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1). p. 5-34
- [19] Verbeke, W., Frewer, L. J., Scholderer, J., & De Brabander, H. F. (2007). Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Analytica Chimica Acta*, 586(1), p. 2-7
- [20] WHO (2009): The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. ISBN 978 92 4 154796 3 http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/ (utoljára letöltve: 2018. január 23.)



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Biró György¹

Érkezett: 2017. november – Elfogadva: 2018. február

A gyümölcscukor humánbiológiai jellemzői

Kulcsszavak: fruktóz étrendi forrásai, bevitt mennyiség, metabolizmus, egészségi következmények

1. Összefoglalás

Az ember táplálékának természetes összetevője a gyümölcscukor, amely főként gyümölcsökből, mézből és kis mennyiségben zöldségekből kerül a szervezetbe. Ezekben a forrásokban részben szabad cukor formájában található, részben a diszacharid szacharóz egyik alkotójaként. Az igen nagy arányban szabad fruktózt szolgáltató, lebontott kukoricakeményítő-alapú kukoricaszirup, illetve az enzimatikusan kezelt szacharóz, azaz invertcukor felhasználása a különféle élelmiszerek édesítésére az utóbbi évtizedekben főként rohamosan elterjedt, és a gyümölcscukor excesszív beviteléhez vezetett. Ennek a fogyasztó egészségi állapotára gyakorolt következményeit embernél – a táplálék összetett jellege miatt – nagyon nehéz vizsgálni, az állatkísérletek eredményeinek emberre történő transzponálása pedig alapos megfontolást követel, és nem is mindig kivitelezhető. Ezen nehézségek ellenére érdemes és fontos áttekinteni az eddigi tanulmányokat. Kétségtelen, hogy a gyümölcscukor az anyagcserében sajátos módon vesz részt, viselkedése eltér az ember számára esszenciális funkciót ellátó glükózétól. Tehát más élettani következményekkel kell számolni. A kardiovaszkuláris rendszer betegségei, az elhízás, a metabolikus szindróma tünetegyüttese, sőt a rosszindulatú daganatok kapcsolódhatnak a túlzott fruktóz-bevitelhez. Az epidemiológiai vizsgálatok és az összefüggéseket vizsgáló kutatások nem mindig adnak konzisztens képet, vannak eltérő eredmények is. Az ellentmondások feloldása még sok vizsgálatot kíván. A tudomány ereje azonban éppen abban rejlik, hogy bizonyítékokon és cáfolatokon keresztül képes tiszta képet nyújtani.

2. Bevezetés

A gyümölcscukor, azaz fruktóz (régábban használt nevén levulóz) jelen van mindennapi étrendünkben, egyrészt mint az összetett cukrok (pl. szacharóz, frukto-oligoszacharid) alkotója, másrészt mint szabad monoszacharid. Mivel a fruktóz különböző forrásokból történő bevitele növekvő tendenciát mutat, felszívódása, valamint a szervezeten belüli anyagcsere-folyamatokban történő részvétele sajátos, és eltér a megközelítően hasonló mennyiségben felvett ugyancsak monoszacharid glükózétól, szükséges külön is áttekinteni az emberi életfolyamatokra gyakorolt hatását.

Meg kell itt említeni, hogy a fruktózzal foglalkozó tanulmányok jelentős részben – főként rágcsálókon végzett – állatkísérletekről számolnak be, amelyek

következtetéseinek emberi transzponálása számos bizonytalansági tényezőt rejt magában. További megfontolást tesz szükségessé az a tény, hogy az emberi tanulmányoknál soha nem izoláltan fogyasztják a megfigyelt személyek a cukrot. A táplálék mátrixa, összetétele jelentős változásokat okozhat az élettani reakciókban, emellett az elfogyasztott mennyiség sem szabályozható mindig kellő pontossággal, ellentétben az állatkísérletekkel. Állati modelleknél a nagy fruktózbevitel jól megfigyelhető inzulinrezisztenciát, sérült glükóz-toleranciát, magas vérnyomást okozott, az emberi megfigyelések viszont sokszor inkonzisztensek [1], [2].

A tiszta fruktózzal és glükózzal folytatott állatkísérletek eredményei tudományos szempontból kétségkívül érdekesek és értékesek, de az emberi táplálkozásra közvetlenül csak fenntartással vonatkoztathatók.

¹ Nyugalmazott egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem ETK

tók, alapos megfontolást igényelnek. A kapcsolat a fruktóz, a kukoricaszirup és a kardiovaszkuláris betegségek, a metabolikus szindróma, a zsírmáj között még vita tárgyát képezi annál is inkább, mert a különböző módszerekkel végzett tanulmányoknál különböző következtetésekre jutottak. Az ellentmondások feloldására további, a részleteket feltáró vizsgálatokra, megfigyelésekre van szükség [3]. A glükóz (aldohexóz) egyenes láncú és gyűrűs szerkezeti képletét az **1. ábra** tartalmazza. A **2. ábrán** – összehasonlítás – végett a fruktóz (ketohexóz) nyílt láncú és gyűrűs szerkezeti képlete látható.

3. A fruktóz forrásai és fogyasztott mennyisége

A szabad fruktóz természetes forrásai a gyümölcsök, a méz, kisebb mértékben a zöldségfélék. 100 g alomban mintegy 6 g, ugyanennyi mézben 40 g fruktóz van. A fruktózból és glükózból fele-fele arányban összetett szacharóz ugyanezekben a forrásokban (gyümölcs, méz, zöldség) található. A múlt század hatvanas-hetvenes éveitől kezdődően rohamosan nőtt a kukoricaliszból enzimatisz uton, leggyakrabban 42, illetve 55 százalék (de lehet ennél kevesebb, esetleg több is) fruktózt tartalmazó szirupok előállítására, amelyeket élelmiszerek édesítésére használnak fel, a hagyományos cukornál kedvezőbb áron. Ritkábban használt az invertcukor, amelyet enzimmel bontott szacharózból állítanak elő, és oldat vagy szirup formájában kerül forgalomba. Fruktóztartalma 1,5-25% [4], [5]. A cukoralkoholok (pl. szorbit) szintén fruktózforrást jelentenek [6].

A hazai fruktózbevitelre vonatkozóan nincsenek részletes adatok. Egy 2012-ben készült összesítés szerint Magyarország a vizsgált 42 ország közül az Egyesült Államok után a második helyen áll a nagy fruktóztartalmú szirup fogyasztásában, évi 16,85 kg egy főre jutó fogyasztással, ami kb. 8 kg fruktóznak felel meg. Európában a legkisebb fruktózbevitelt finn serdülők-nél találták, napi 11-20 g, azaz évenként 3,5-7,0 kg személyenként, és így az utóbbi érték közelít a magyar adathoz [7], [8]. Az Egyesült Államokban a teljes cukorfogyasztás mintegy 40%-a olyan édesített italokból származik, amelyeknél fruktózos kukoricaszirupot használnak [9]. Ennek fogyasztása 1970 és 1990 között 1000%-kal nőtt, az édesítő anyagokon belüli részaránya pedig 1978 és 1998 között 16%-ról 42%-ra emelkedett [10], [11]. Az Egyesült Államokban 1988-1994 között 21483 gyermeknél és felnőtt-nél lefolytatott III. Nemzeti Egészségi és Táplálkozási Felmérés (National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES) során az átlagos fruktózbevitelt napi 54,7 g-nak találták (az összes bevitt energia 10,2%-a), 38,4-72,8 g szélső értékek mellett. A legtöbb fruktóz a serdülők étrendjében volt, átlagosan 12,1 energia-%, de egynegyedük-nél 15 energia-% értékkel [12].

4. A fruktóz felszívódása

A fruktóz vékonybélből, főként a jejunumból (éhbélből) szívódik fel, a koncentráció gradiens függvényében, energia felhasználása és direkt szabályozás nélkül. Ezért a túlságosan sok fruktóz nem szívódik

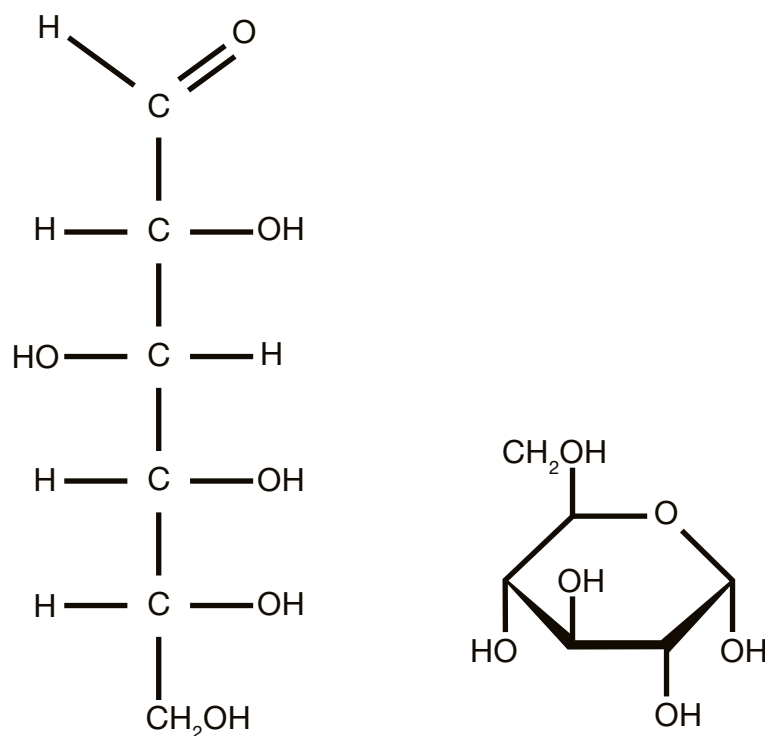
fel, a bélben marad, és ozmotikus hatása miatt hasmenést vált ki. A vastagbél baktériumflórája fermentálja a fruktózt és rövid szénláncú zsírsavakat (ecetsav, propionsav, vajsav), valamint gázokat (hidrogén, metán, széndioxid) képez. Utóbbiak hasi fájdalmat, puffadást okoznak, továbbá hozzájárulnak a fokozott bélmozgáshoz is. A glükóz jelenléte elősegíti a fruktóz felszívódását [13]. A fruktóz átjutását a bélfalon – eredeti forrásától függetlenül – a sejtek (enterocyták) GLUT5 glükóz transzporter fehérjeje segíti. Az enterocytákból a GLUT2 transzporter juttatja a májba vezető érbe. A további metabolikus folyamatok a májban mennek végbe. A GLUT5 Na⁺ iontól független, kinetikája (Michaelis-Menten konstans, K_m) a fruktóz vonatkozásában tízszer kisebb, mint a GLUT2-é. A GLUT5 megtalálható a vesében, szívben, agyban, vázizomzatban és a zsírsejtek membránjában. A sejtek fruktóz felvételéhez inzulin nem szükséges. A májban történő kémiai átalakulások eredményeként a fruktóz, a glükózhoz hasonlóan a glükolízis folyamatába kerül be, és a glükoneogenesis, glükogenolízis, laktát/Cori-kör, pentóz-foszfát, lipid szintézis szubsztrátumaként szolgál. A fruktóz jelentős része a májban glükózzá alakul, aminek mértéke a fizikai aktivitással egyenesen arányos. Excesszív mennyiségű fruktóz bevitelénél fokozódik a gliceraldehyd-3-foszfát, a dihidroxiaceton-foszfát szintézis, ennek következtében megnő az acetil-CoA mennyisége, amely elősegíti a lipogenezist [1], [14]. Fruktóz etetés patkányoknál megváltoztatja a gén-expressziós képet, a jóllakottsági jelzést az agyban, fokozza a gyulladás kockázatát és a reaktív oxigén species mennyiségét,

egerek-nél növeli a májba vezető (portalis) ér bakteriális endotoxin (lipopoliszacharid) koncentrációját [1], [15]. A kedvezőtlen következmények túlzott energia-bevitelnél halmozódnak [16].

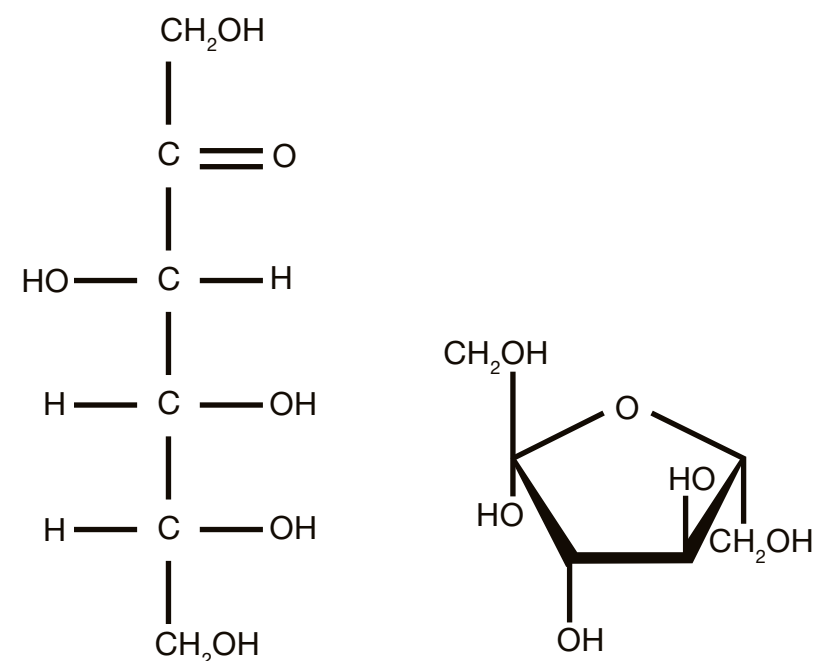
5. A fruktóz útja az anyagcserében

A fruktóz, mint tápanyag feldolgozásához szükséges energia a különböző tanulmányok szerint a glükózénak mintegy másfélszerese-háromszorosa, de az alapanyagcserét gyakorlatilag nem befolyásolja [17]. A fruktóz – ahogyan ezt az előbbiekben vázoltuk – túlnyomórészt a májban metabolizálódik, de vesék is jelentős mennyiséget képesek felhasználni, bár erre csekély lehetőség van, mivel a véráramba alig kerül fruktóz és így az nem jut el a vesékhez sem. A májban a fruktolízis – a glükolízis analógiájára – a foszforilációval (fruktóz 1-foszfát) jár, a fruktokináz enzim közreműködésével. Az enzim nem áll szabályozás alatt, és a rendelkezésre álló adenzinotrifoszfát-készlet kimerüléséig működik. A továbbiakban az aldoláz B enzim lép működésbe, és a létrejövő gliceraldehyd több módosulás után, végül becsatlakozik a glükolízis lépcsőhöz [13].

Számos respirációs kvóciens (RQ, a kilégzett széndioxid és a belégtett oxigén aránya) mérési eredménye szerint a fruktóz csökkenti a zsírok oxidációját, és növeli a szénhidrátokét (RQ nagyobb), mivel azonban az egyidejű lipogenezis oxidáció nélkül is széndioxid-fel szabadulással jár, ez az értékelés hibás is lehet [13]. Cox munkacsoportja kisszámú 40-72 éves, mindkét nemhez tartozó személy-nél végzett 10 hétig tartó vizs-



1. ábra. A glükóz nyílt láncú és gyűrűs szerkezeti képlete
Figure 1 Open-chain and cyclic structural formula of glucose



2. ábra. A fruktóz nyílt láncú és gyűrűs szerkezeti képlete
Figure 2 Open-chain and cyclic structural formula of fructose

gálatot, fruktózt (illetve glükózt) tartalmazó ital olyan mértékű fogyasztásával, hogy a cukrok által szolgáltatott energia elérje a bevitt összes energia 25%-át. A pihenési energia-felhasználás és a zsír oxidációja szignifikánsan csökkent, a szénhidrátoké ugyanígy nőtt a fruktóz következtében [18].

Ha az étrendben a glükózt/szacharózt fruktózzal helyettesítik, az étkezés után vércukor- és inzulinszint-emelkedés szignifikánsan kisebb és izokalorikus helyettesítés nem növeli a trigliceridszintet a vérben, a túlzott bevitel következtében viszont kifejezett emelkedés tapasztalható étkezés után [19], [20]. Tartós cserénél az éhomi vércukor, a glükóz hemoglobin (HbA1c) szintje csökken, az trigliceridek és az inzulin titere csaknem változatlan marad [21], [22].

A fruktóz a májon kívül (jellemzően a herék Leydig-sejtjeiben) glükózzá alakulhat. A folyamatban szorbit keletkezik. Cukorbetegknél az átfogó metabolikus zavar miatt a szorbit felhalmozódik a szemben és szürkehályogot okozhat [10].

Aeberli és munkatársai fiatal felnőtteknél figyelték meg, hogy 40 g/nap fruktózt (MF), illetve 80 g/nap fruktózt (HF), glükózt (HG), vagy szacharózt (HS) tartalmazó 600 ml ital 3 hétig tartó fogyasztása után az MF csoportnál szignifikánsan nőtt a szabad zsírsavak mennyisége, míg az összes koleszterin és az LDL-koleszterin az MF, HF, HS csoportnál a HG-vel szemben. A HF növelte a májban az inzulinrezisztenciát [23].

Érdekes kapcsolat van a fruktóz és a fibroblast növekedési faktor 21 (fibroblast growth factor 21, FGF21) hormon szintje között. Az FGF21 több funkciót ellátó hormon, amelynek tulajdonságait rágcslókon tanulmányozták, és úgy tűnik, hogy kritikus helyet tölt be az éhezéshöz történő alkalmazkodásban. Embernél fruktóz hatására gyorsan és kifejezetten megnő a szintje a vérében, a glükóz után sokkal kisebb és elhúzódó az emelkedés. Magasabb szinttel reagálnak a metabolikus szindrómás betegek. Feltehetően az FGF21 lényeges szerepet játszik a fruktóz metabolizmusában [24]. A hormon közreműködik a testtömegcsökkentésében, a cukor- és zsírsavcsere kedvező irányú alakulásában. Állatkísérletek eredményei szerint itt ellentmondás látszik: a fruktóz metabolikusan kedvezőtlen, viszont bevétele a kedvező hatású hormon szintjének emelkedését okozza, sőt metabolikus szindrómánál az alapszint is magasabb. Ezért valószínűsítik azt, hogy ezekben az esetekben az FGF21 vonatkozásában rezisztencia alakul ki, a pontos folyamat azonban még tisztázásra vár [25].

6. Fruktóz és a kardiovaszkuláris kórképek, különös tekintettel a lipidekre

Epidemiológiai megfigyelések szerint a fruktózt tartalmazó, nagy energiatartalmú étrend fogyasztása a vér triglicerid szintjének emelkedésével jár, ami a

máj fokozott lipogenezisének következménye. A dózis-hatás összefüggést nehéz pontosan meghatározni, azonban a jelenség napi 50 g-nál kisebb fruktóz esetében nem figyelhető meg. Még tisztázásra szorul annak kiderítése, hogy a lipogenezis a bőséges energiabevitelnek tulajdonítható-e, vagy a fruktóz, más cukrok *per se* hatása. A máj lipid túlterhelése nem alkoholos eredetű zsírmáj kialakulásához vezethet, ennek mechanizmusa azonban még ismeretlen. Állatkísérletek szerint oxidatív stressz is állhat a háttérben [17], [26]. Sajátos összefüggésre mutat rá az a tanulmány, amely szerint egereknél az excesszív fruktóz-mennyiség miatt megnő a bél-mikrobiótában az Enterobacteriaceae törzsek aránya, ennek következtében a májban fokozódik a gyulladásban kulcsszerepet betöltő gének expresszáldása. A gyulladás és az ezt jelző markerek (a májban és szisztémásan) visszaszoríthatók kis szemcsenagyságú búzakorpa adásával, amely kedvezően módosítja a bélflórát [27].

Ugyancsak humán epidemiológiai, valamint intervenciós tanulmányok adatai szerint a fruktóz nagyobb bevétele növeli a kardiovaszkuláris halálozást. Ezt a tényt sejttényeszeteken és állatokon végzett kísérletek megerősítették [28]. Serdülőknél a hasi elhízás közvetíti a kardiometaabolikus kockázatot [29].

A lipogenezis során főként palmitinsav képződik, amely összefüggésben van az érlemezéssel. A zsírsavak az igen kis sűrűségű lipoprotein molekulákba (VLDL, very low-density lipoprotein) épülnek be, ezek azután kis sűrűségű lipoproteinné (LDL) alakulva emelik a vérben az aterogén triglicerid, illetve LDL szintet. Több vizsgálat szerint az 50 g/nap alatti fruktózfogyasztás nem fokozza a kardiovaszkuláris kockázatot [13].

Johnston és munkatársai túlsúlyos embereknél az előzőektől eltérő következményeket tapasztaltak fruktóz, illetve glükóz fogyasztása után. Ha az étrend energiaértékének megtartása mellett vittek be akár fruktózt, akár glükózt, nem volt változás a májenzimeknél és a triglicerid szintnél. Túlzott energiabevitel mellett viszont mindkét paraméter növekedett mindkét cukornál, ami a hatás energiatartalmát jelzi, nem a makrotápanyag specifikus hatását [30]. Yu és munkatársai napi 40, 90, 150 g fruktóz, illetve glükóz bevitelénél hasonló változásokat találtak a triglicerid, glükóz, inzulin, leptin, ghrelin, húgysav szintjénél, tehát a két cukor metabolikus következménye – ezekben a vonatkozásokban – nem tért el [31].

A fruktóz indukálta húgysav fiziológiás koncentrációban védi a sejtmembránt az oxidatív hatásoktól, de bizonyos gyulladásos körülmények között, mint pl. atheromatosis plakk (érfal zsíros elfajulása) képződése, prooxidatív lehet. Az oxidatív stressz hozzájárul az erek belső falát képező endothel sejtek diszfunkciójához, érlemezéshez, a szívizom energia-háztartásának zavarához, továbbá az inzulin-rezisztenciához. A húgysav cardiometabolikus jelentősége

súlyának értékelése még nem lezárt kérdés, bár a vázolt összefüggések tudományos bizonyítékokra támaszkodnak [32]. Kísérletek eredményei bizonyítják: a hyperuricaemia (vérszérum magas húgysav-szintje) kapcsolatban van a magasabb szisztolés vérnyomással azáltal, hogy a húgysav gátolja a belső érfalban az ér ellazulását segítő nitrogén-oxid képződését [1].

Azonban 220 ezernél több személyt érintő három prospektív tanulmány metaanalízise szerint nem mutatható ki kapcsolat a maximálisan 14 energiaszázalék fruktóz és a hipertónia incidenciája között. A spline görbe ~10 energia-% alatt negatív, fölötté pozitív, U alakú [33].

Malik és munkacsoportja áttekintést nyújtó közleményükben különös jelentőséget tulajdonítanak a cukorokkal édesített italoknak, amelyek fruktóztartalma a kukoricaszirupból és/vagy a szacharózból származik. Ezek az italok a fruktóz speciális metabolikus hatásai miatt (*de novo* lipogenezis, hasi elhízás, húgysavképződés) fokozzák a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát (továbbá az elhízását, a cukorbetegségét is) [34], [35].

7. Fruktóz és a húgysav

A húgysav a purin anyagcsere végterméke, a szervezetben belüli felhalmozódásának általánosan ismert következménye a köszvény. A fruktóz bevétele szoros kapcsolatot mutat a magas vérnyomással, a metabolikus szindrómával és a szív- és érrendszeri betegségekkel, továbbá független kockázati tényező idült vesebetegségnél, a 2-es típusú cukorbetegségnél

és az időskori szellemi hanyatlásnál. A jelenségek a vérszérum normál húgysav tartományának felső határa közelében már tapasztalhatók. A fruktóz foszforilálása fruktóz-1-foszfáttá gyors folyamat, amelynek következtében a sejten belül csökken a foszfát és az adenzinotripszát (ATP) szintje, Ennek következtében stimulálódik az adenzinmonofoszfátot (AMP) degradáló AMP-deamináz és ezzel együtt a purin (xanthin) degradáció, amelynek eredményeként húgysav, valamint mitochondriális oxidánsok keletkeznek, sőt maga a fruktóz is indukálhat oxidatív stresszt. Az utóbbi folyamat a Krebs-cikluson keresztül a májban *de novo* lipogenezishez, a zsírsavak felszaporodásához vezet [32]. A trigliceridek szintjének növekedése nem-alkoholos zsírmáj kialakulásához vezet [1]. A fruktóz elősegíti a mezenkimából (a középső csíralemezből elkülönült szövetcsoport) származó zsírsejtekben a zsírfelhalmozódást és ezt a folyamatot a húgysav közvetíti [36].

Már napi 15 g fruktóz fogyasztásánál megfigyelték az ATP hiányát, illetve a pótlás zavarát intravénás fruktóz provokáció után. Akiknek magas volt a húgysavszintjük, alacsonyabb volt a májban az ATP-szintjük a fruktóz injekció után. A nagy fruktózbevitel és a magas húgysavszint egyaránt jelzi az ATP hiányát a fruktózra adott válaszként és kockázati tényező a zsírmáj kialakulásában és progressziójában. Izoenergiás fruktózbevitel nem okoz kedvezőtlen változásokat [37], [38], [39], [40].

Gyermekeknél a fruktóz izoenergiás csökkentése javítja vérnyomást, a triglicerid-, az LDL-koleszterin-, az inzulinszintet, és a glükóz-toleranciát [41]. A fruk-



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

tóz, illetve a húgysav a zsírmáj független kockázati tényezője még serdülőkorban is fennáll, ebben a vonatkozásban a túlsúlyosak kiemelten veszélyeztetettek [42], [43].

Több mint 125 ezer személy 17 évig tartó megfigyelése, amelynek során 1533 köszvényes esetet regisztráltak azt támasztotta alá, hogy a nagy fruktózbevitel összefüggésben van ezzel a kórképpel, nyilvánvalóan a húgysavszint emelkedése miatt [44]. Ugyanakkor egyes szakirodalmi adatok szerint a húgysav akár 50%-kal növelheti a vér antioxidáns kapacitását [6].

Az – előzőektől eltérően – az Egyesült Államokban közel 9400, 20-80 éves személy vizsgálatánál azt tapasztalták, hogy az étrendi fruktóz nem volt kapcsolatban a szérum húgysavval, ellenben az alkoholfogyasztás szignifikánsan pozitív, a rostbevitel negatív összefüggést mutatott [45].

8. Fruktóz és az elhízás

A fruktóz sajátos metabolizmusa elősegíti az elhízást és az eddigi adatok szerint ezzel szemben az anyaméhben fejlődő magzat, az újszülött és a csecsemő sem védett. Ezért a fruktóz-expozíció, amely nem része a csecsemő természetes étrendjének, együttesen a méhben a fruktóz aktív transzportjával a méhlepényen át, feltehetően potenciálja a fruktózt arra, hogy zavart okozzon az anyagcserében és a fejlődésben. A kritikus periódusban realizálódó fruktóz-behatások obezogének (elhízást okozók), élethosszan tartó vál-

tozásokat okoznak a neuroendokrin, az éhség-kontroll, a táplálkozási szokás, a *de novo* zsírképződés, a zsíreloszlás, a metabolikus folyamatokban, illetve azok rendszereiben [46].

Amennyiben az anya a terhesség idején fruktózt bőségesen tartalmazó étrendet fogyaszt, ez az utódnál felnőtt korban elhízáshoz, nemkülönben metabolikus diszfunkcióhoz, magas vérnyomáshoz, azaz kardiovaszkuláris kockázathoz vezet a létrejövő magzati „programozás” alapján. A következmény lányutódoknál kifejezettebb. Mindenképpen indokolt a terhesek étrendjét a fruktóz kockázatának figyelembevételével összeállítani, a fruktóz mennyiségét korlátozni [47].

Még tisztázásra vár az a kérdés, hogy a fruktóz jólakottságot elérő tulajdonsága kisebb-e a többi cukorénál, vagy sem, azaz hozzájárul-e több táplálék elfogyasztásához. A modern képalkotó eljárás, a mag-mágneses rezonancia spektroszkópia lehetővé teszi az egyes agyi területek aktivitásának megfigyelését a vizsgált területek vérellátásának tanulmányozásával. Kiderült, hogy az energia-szabályozásban fontos szerepet betöltő hypothalamus aktivitása kisebb, mint glükóz hatására és ez feltehetően az elmaradó teltségérzés indikátora [48], [49], [50]. A fruktóz ezen kívül más, a táplálékfogyasztást szabályozó hormonokat is befolyásol [51]. Vannak ezzel ellentétes megfigyelések is: a fruktóz jobban, vagy azonos mértékben csökkenti az étvágyat, mint a glükóz, ha étkezés előtt fogyasztják. Ha az agyi teltségérzési jelzés hiánya miatt el is lenne fogadható a fruktóz oki



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

szerepe az elhízásban, vannak még további, kétséget generáló eredmények is. Az egyik a fruktóz felszívódásának limitáltsága, amely miatt a túlságosan sok cukor nem jut az anyagcserébe, és így nem okozhatja a testtömeg-gyarapodását. Egy másik: a fruktóz termogén hője nagyobb, mint a glükózé. Továbbá a fruktóz édesebb, mint a glükóz, tehát kevesebb szükséges belőle azonos édesség eléréséhez [13].

17 kizárólag az elhízással foglalkozó tanulmányból Tappy és munkatársai azt a következtetést vonták le, hogy a kukoricasziruppal édesített italok fogyasztásának vizsgálatok tapasztaltak szerint a fruktóz nem mérsékli az energia felhasználását, a súlygyarapodás inkább a nagyobb energiabevitelből származhat [52]. Különösen kedvezőtlen a súlygyarapodás szempontjából a nagy fruktóztartalmú sziruppal édesített italok jelentős mennyiségű tartós fogyasztása [14].

Patkányoknál a fruktóz hatására kifejezettebb a súlygyarapodás, mint glükóz és szacharóz után, bár – a felvett energia függvényében – ezeken is van elhízás. Ezen kívül a fruktóz bevitelénél kevesebb barna zsír-szövet képződik, amely a feleslegben bevitt energiát hővé (és nem tartalék zsírrá) alakítja. A jelenség hímeknél kifejezettebb, mint nőstényeknél [10].

Más kutatók szerint a fruktóz, illetve a kukoricaszirup szerepe az elhízásban tudományosan nem kellően alátámasztott, számos más tényezőt is kell vizsgálni, a feleslegben bevitt energia fontosabb lehet, a vita nincs lezárva [53], [54]. White összegező cikkében megállapítja, hogy az étrendi fruktóz arányos mennyiségben biztonságos, abúzus (túlzásba vitt bevétel) esetében okozhat metabolikus zavart, de ez, hasonló esetben, más tápanyagoknál is előfordul [55]. Ugyanez érvényes a gyermekkori elhízás és a kukoricaszirup fogyasztásának kapcsolatára is [56].

9. Fruktóz és a metabolikus szindróma

Állatkísérletek és emberi tanulmányok egyaránt alátámasztják a hozzáadott cukor közreműködését a cukorbetegség és a kapcsolódó metabolikus zavarok (kardiovaszkuláris kockázat) kockázatában. A hozzáadott fruktóz (akár a szacharóz összetevőjeként, akár kukoricaszirup formájában) különösen fontos ebben a vonatkozásban. További hátrányos jelenség: az izolált fruktóz rágcsálóknál vesekárosodást okoz, embernél ez a kukoricasziruppal édesített italok tartós fogyasztása után figyelhető meg. Fontos megemlíteni, hogy a természetes fruktózt tartalmazó táplálékok (gyümölcsök, zöldségek) nem jelentenek egészségi kockázatot, sőt protektív hatásúak. Jellemző adat, hogy míg az édesítésre használt kukoricaszirup súlyának körülbelül a fele fruktóz, az édes őszibaracknál ez 1%. Ideálisan nincs szükség fruktóz hozzáadására az élelmiszerekhez. Célszerű, ha az összes hozzáadott cukor aránya az Egészségügyi Vi-

lágszervezet által újabban ajánlott 5% alatt marad az összes felvett energiához viszonyítva [57].

Egyre több kutatás eredménye utal arra, hogy az 50 g-nál nagyobb fruktózbevitel összefüggésben van a metabolikus szindrómával, amely komplex fogalomként mutatja be az elhízás, a vérzsírok rendellenessége (dyslipidaemia: magas LDL-koleszterinszint, csökkent HDL-koleszterinszint), a magas vérnyomás és az inzulinrezisztencia/magas éhezési vércukorszint/cukorbetegség együttesét, valamint a társuló gyulladásos és thrombosis készsége (prothrombosis). Állatkísérletekben a glükóz vagy a keményítő nem vált ki hasonló tüneteket [58]. Mindez a fruktóz gyors metabolizmusának következtében létrejövő adenoizotri-foszfáthiány következménye, ami az elhízásra, cukorbetegsége és hipertóniára perdiszponáló mitokondriális és endoteliális diszfunkcióhoz kapcsolódik. Ezt a kedvezőtlen jelenséget a nagy energiafelhasználást képező fizikai aktivitás (pl. atlétáknál) jelentős mértékben ki tudja védeni [59], [60]. A fruktóz főleg a túlsúlyosaknál, elhízottaknál jelent különös veszélyt a metabolikus szindróma tünetegyüttesének kialakulásában [61].

50 g-nál, vagy 10 energia-%-nál kevesebb fruktóz nem okoz változást a lipidek és glükóz anyagcseréjében [62], ezzel szemben már kis mennyiség tartós bevitelére károsítja a veséket [63], [64].

A fruktóz nem indukál inzulinválasztást és nem fokozza a leptin termelését. Utóbbi tényező a táplálék felvételének növelésének irányába mutat, a többlet energia viszont egyértelműen a testtömeg gyarapodásához vezet [9].

A fruktóz bevitelének extrém növelése (napi 80 g-ig) mérsékelten csökkenti a máj inzulin érzékenységét, de ennek nincs következménye a vércukor szintjére, a normál mennyiségű fruktóz nem emeli a cukorbetegség kockázatát [17], [65]. A fruktóz évtizedeken keresztül hozzátartozott a cukorbetegség étrendjéhez alacsony glükémiás indexe miatt. Rágcsálókon végzett kísérletek azonban rámutattak a tartós, jelentős fogyasztás következtében kialakuló inzulinrezisztenciára, súlygyarapodásra, embernél a fruktózzal édesített italok, a sok étrendi fruktóz hasonló következményeire és ezért a fruktóz kikerült a kezelési sémából [1].

Néhány kis volumenű tanulmány szerint a kis mennyiségű fruktóz bevitel (étkezésenként 10 g alatt, naponta legfeljebb 36 g, más szénhidrát cseréjeként) javíthatja az étrend glükémiás indexét és ezáltal a túlsúlyt, az éhomi vércukrot, húgysav és triglicerid szintjét [66].

¹ High-density lipoprotein, nagy-sűrűségű lipoprotein, az erekben lerakódott koleszterint, szállítja vissza a májba. Népszerű megnevezése: „jó” koleszterin.

A fruktóz szerepe a 2-es típusú diabétesz kialakulásában:

- Növeli a májban a zsír halmozódását és ennek következtében a májsejtek inzulin rezisztenciáját.
- Szabad zsírsavak jutnak ki a VLDL-ből, és a vázizomzat sejtjeiben deponálódva inzulin rezisztenciát indukálnak.
- Az ATP-csökkenés mérsékli a sejtek inzulinkötő képességét és feltehetően az inzulin-receptorok számát.
- A gyulladás és oxidatív stressz károsítja a hasnyálmirigy inzulintermelő kapacitását [57].

Azokban az országokban, ahol nagy a lakosság fruktózbevitel, és rendszeresen alkalmaznak édesítésre kukoricaszirupot (jelentős mennyiségű szabad fruktózzal), a 2-es típusú cukorbetegség – függetlenül az elhízástól – csaknem 20%-kal több, mint ahol nincs ilyen felhasználás: a diabétesz átlagos prevalenciája 8% a 6,7%-kal szemben. Több kutató azonban vitatja, hogy egyedül a fruktóz okozná ezt a különbséget, hogy ez a monoszacharid ilyen jelentős mértékben különbözne a többi cukortól [8], [67], [68]. Ugyanezt az álláspontot tükrözi az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának (USDA) hivatalos állásfoglalása is [69]. Más kutatók szerint a sziruppal édesített italok közvetlenül kapcsolódnak a metabolikus betegségek járványának oki tényezői közé [14].

A húgysav hozzájárulhat a máj inzulinrezisztenciájához a mitokondriális oxidatív stressz és zsírmáj indukálásával. Gátolja az inzulin értágító hatását, amely fontos lenne a glükóz eljuttatásához a vázizomzatba. Gátolja emellett az adiponektin hormon termelését a zsírsejtekben, így helyi gyulladást váltva ki. A húgysav direkt módon oxidatív stressz útján károsítja a hasnyálmirigy inzulint termelő szigetsejtjeit, diszfunkciót és diabéteszt okoz [58], [70].

Ámbár kevés kutatási adat van a fruktóz élettani hatására embernél, mégis arra lehet következtetni, hogy az 50-60 g/nap mennyiség alatti bevitel nem növeli az érlelmeszesedést, a 2-es típusú cukorbetegség, vagy az elhízás kockázatát más cukroknál erőteljesebben. Ha azonban ennél több jut a szervezetbe, különösen glükózból/keményítőből származó nagy energiafelvétel mellett, számítani kell a *de novo* lipogenezis negatív egészségi következményeire [13].

15 kutatási program metaanalízise szignifikáns pozitív összefüggést mutatott ki a fruktózfelvétel és az éhomi vércukor, a szisztolés vérnyomás és az emelkedett triglicerid között, negatív kapcsolatot a HDL-koleszterinnel, azonban az egyes vizsgálatok jelentős heterogenitásának figyelembevétele után a szignifikancia csak a vércukornál maradt meg [71].

10. Fruktóztolerancia, fruktozúria

Az esszenciális/jóindulatú fruktóztoleranciánál máj fruktokináz enzimének hiánya miatt a fruktózkoncent-

ráció a vérben megemelkedik (fruktozémia), és a cukrot a vese kiválasztja, mire az megjelenik a vizeletben (fruktozúria). Bizonyos népcsoportoknál jelentkezik, tüneteket nem okoz, kezelése nem indokolt.

Az örökletes fruktóztolerancia az aldoláz B enzim hiányának következménye. Meglehetősen ritka kórkép, statisztikailag 20 - 130 ezer személy között várható egy beteg. A betegség autoszomálisan, recesszíven öröklődik, azaz mindkét szülőnek hordoznia kell a megváltozott gént, anélkül is, hogy ők betegek lennének. Már gyermekkorban okoz tüneteket: hányás, a vércukorszint csökkenése, amelynek az az oka, hogy aglikogénből nem képződhet glükóz. Felgyülemlik a májban a fruktóz-1-foszfát, amely felborítja az ATP regenerálódását, az AMP-ből húgysav képződik, köszvény alakulhat ki. Kezelésében a fruktózt tartalmazó táplálék kerülése a döntő [10].

A fruktóz rossz felszívódása, malabszorpciója, más néven étrendi fruktóztolerancia lényegesen gyakoribb, a tejcukor intoleranciájához hasonló, a lakosság egyharmadát is érintheti. Oka lehet a GLUT5 transzport kisebb teljesítménye, vagy a glükóz-1-foszfátaldoláz hiánya és ennek következtében a fruktóz-1-foszfát felhalmozódása miatti toxikus hatás. Vannak tanulmányok, amelyek ezeket a deficienciákat nem támasztják alá és inkább a fruktózzal szembeni fokozott egyéni érzékenységet, illetve a bélflóra sajátos szerepét tekintik oknak. Tünetei az előbbihez hasonlóak, kezelése szintén [7], [72], [73].

11. Rosszindulatú daganatok

A daganatsejtek fokozott osztódási képességük miatt több sejtépítő anyagot, fehérjét igényelnek. A fruktóz – a glükózzal együtt, de annál erőteljesebben – elősegíti a fehérje bioszintézist. Megfigyeléses vizsgálatok és experimentumok jelzik, hogy a fruktóz növeli egyes rosszindulatú folyamatok kockázatát valószínűleg oxidatív stressz és metabolikus rendelkezés útján. A fruktóz főként agresszív hasnyálmirigy- és vékonybél-daganatok és áttétek kialakulását segíti elő. A részletek kiderítéséhez még sok további kutatás szükséges [74].

A daganatsejtek könnyen felhasználják a fruktózt proliferációjukhoz, és preferálják ezt a cukrot nukleinsav szintézisükhöz. Az étrendi fruktóz több lehetséges úton járul hozzá a daganat fejlődéséhez: a megváltozott sejt-metabolizmus, több reaktív oxigén species, nukleinsav sérülés, gyulladás révén [75].

12. Következtetések

Az „Az vagy, amit megeszel”, gondolat – Hippokratész hagyományai alapján – Feuerbach-tól származik. Azt jelenti, hogy az ember által elfogyasztott étel alapvetően hat az egészségre, beleértve az élettani, pszichológiai és értelmi képességi jellemzőket is [76]. E szakirodalmi áttekintéssel az volt a szándékom, hogy a mindennapi táplálkozás egyik leggyako-

ribb összetevője, az évtizedek óta fogyasztott ketóz típusú monoszacharid, a fruktóz az emberre gyakorolt hatásairól készült tudományos munkák eredményeit foglaljam össze. A szakirodalmi eredmények és vélemények összegyűjtésére azért vállalkoztam, mert a hazai forrásmunkákból hiányzik e régóta ismert, és a legkevésbé sem veszélyesnek tekintett élelmiszer-összetevő élettani hatásait részletesen tárgyaló dolgozat.

A rendelkezésemre álló szakirodalmi források alapján megállapítható, hogy a fruktóz rendszeres fogyasztása sok kérdést vet fel. Összefoglalómban feldolgozott közleményekből nem dönthető el egyértelműen a fruktóz kedvező, vagy kedvezőtlen élettani hatása, de az vitathatatlan, hogy e természetes édesítő szer – közeli rokonához a glükózhhoz képest – gyökeresen más biokémiai folyamatokban vesz részt. Glükémiás indexe alacsonyabb a glükózénál, ennek ellenére – többek között a húgysav indikálása révén – nem alkalmas arra, hogy a kettes típusú cukorbetegségben szenvedő egyének étrendjébe illesszék. Számos kutató úgy véli, hogy a túlzott fruktózbetétel növelheti a máj elzsírosodásának és a vér lipidszinja emelkedésének prevalenciáját. A fruktóz közreműködése felmerül a metabolikus szindróma, hasi elhízás, magas vérnyomás, általában a szív- és érrendszeri megbetegedések, esetenként a daganatos betegségek kialakulásában is.

A fentebb felsorolt kóros hatások kialakulását több dolgozat jelentősebb – napi 50 g-nál nagyobb mennyiségű – fruktóz elfogyasztásához kapcsolja. Ez azt jelenti, hogy csak a zöldségekkel és gyümölcsökkel felvett fruktóz fegyelmezett, egyénre szabott étrend betartása mellett várhatóan nem okoz semmilyen kóros elváltozást az ember egészségében.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

13. Irodalom

- [1] Celep, G.S., Rastmanesh, R., Bozoğlu, F. (2015): Fructose Metabolism and Health Risks. Obesity & Weight Loss Therapy. DOI: 10.4172/2165-7904.1000245
- [2] Dornas, W.C., de Lima, W.G., Pedrosa, M.I. et al. (2015): Health Implications of High-Fructose Intake and Current Research. Advances in Nutrition, 6:729–37.
- [3] Rippe, J.M., Angelopoulos, T.J. (2013): Sucrose, High-Fructose Corn Syrup, and Fructose, Their Metabolism and Potential Health Effects: What Do We Really Know? Advances in Nutrition, 4: 236–245.
- [4] Hoschke Á., Rezessyné Szabó J. (2008): Cukrok, cukoralkoholok és mézek. In: Élelmiszer-kémia. (Szerk: Hajós Gyöngyi) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008. pp. 462-478.
- [5] Magyar Élelmiszertankönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) (2006): 1-3-2001/111 számú előírás (2. kiadás).
- [6] de Oliveira, E.P., Burini, R.C. (2012): High plasma uric acid concentration: causes and consequences. Diabetology & Metabolic Syndrome, DOI: 10.1186/1758-5996-4-12
- [7] Buzás Gy.M. (2016): A fruktóz és a fruktóztolerancia. Orv. Hetil. 157, 1708–1716.
- [8] Goran, M.I., Ulljaszek, S.J., Ventura, E.E. (2012): High fructose corn syrup and diabetes prevalence: A global perspective. Global Public Health, DOI: 10.1080/17441692.2012.736257
- [9] Bray, G.A., Nielsen, S.J., Popkin, B.M. (2004): Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. Am. J. Clin. Nutr. 79, 537–543.

- [10] Akram, M., Hamid, A. (2012): Mini review on fructose metabolism. *Obesity Research & Clinical Practice*, DOI: 10.1016/j.orcp.2012.11.002
- [11] Marriott, B.P., Cole, N., Lee, E. (2009): National Estimates of Dietary Fructose Intake Increased from 1977 to 2004 in the United States. *J. Nutr.* 139, 1228S–1235S.
- [12] Vos, M.B., Kimmons, J.E., Gillespie, C. et al. (2008): Dietary Fructose Consumption Among US Children and Adults: The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Medscape, J. Med.* 10(7), 160. Published online 2008 July 9. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2525476/
- [13] Kolderup, A., Svihus, B. (2015): Fructose Metabolism and Relation to Atherosclerosis, Type 2 Diabetes, and Obesity. *Journal of Nutrition and Metabolism*, DOI: 10.1155/2015/823081
- [14] Tappy, L., Lê, K.A., Tran, C. et al. (2010): Fructose and metabolic diseases: New findings, new questions. *Nutrition*, 26, 1044–1049.
- [15] Tappy, L. (2012): ‘Toxic’ effects of sugar: should we be afraid of fructose? *BMC Biology*, DOI: 10.1186/1741-7007-10-42
- [16] Tappy, L., Mittendorfer, B. (2012): Fructose toxicity: is the science ready for public health actions? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, DOI: 10.1097/MCO.0b013e328354727e
- [17] Genet R. (2016): Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the establishment of recommendations on sugar intake. 2 December 2016, Request No 2012-SA-0186.
- [18] Cox, C.L., Stanhope1, K.L., Schwarz J.M. et al. (2012): Consumption of fructose-sweetened beverages for 10 weeks reduces net fat oxidation and energy expenditure in overweight/obese men and women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66, 201–208.
- [19] Evans, R.A., Frese, M., Romero, J. et al. (2017): Fructose replacement of glucose or sucrose in food or beverages lowers postprandial glucose and insulin without raising triglycerides: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 506–518.
- [20] Wang, D.D., Sievenpiper, J.L., de Souza R.J. et al. (2013): Effect of fructose on postprandial triglycerides: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *Atherosclerosis*, DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.10.019
- [21] Evans, R.A., Frese, M., Romero, J. et al. (2017): Chronic fructose substitution for glucose or sucrose in food or beverages has little effect on fasting blood glucose, insulin, or triglycerides: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 519–529.
- [22] Sievenpiper, J.L. (2017): Fructose: back to the future? *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 439–442.
- [23] Aeberli, I., Hochuli, M., Gerber, P.A. et al. (2013): Moderate Amounts of Fructose Consumption Impair Insulin Sensitivity in Healthy Young Men. *Diabetes Care* 36, 150–156.
- [24] Dushay, J.R., Toschi, E., Mitten, E.K. et al. (2015): Fructose ingestion acutely stimulates circulating FGF21 levels in humans. *Molecular Metabolism*, 4, 51–57.
- [25] Hofmann, S.M., Havel, P.J. (2014): The Good, the Bad, and the Unknown: Fructose and FGF21. *Molecular Metabolism*, DOI: 10.1016/j.molmet.2014.11.002
- [26] Moore, J.B., Gunn, P.J., Fielding, B.A. (2014): The Role of Dietary Sugars and *De novo* Lipogenesis in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Nutrients*, DOI: 10.3390/nu6125679
- [27] Suriano, F., Neyrinck, A.M., Verspreet, J. et al. (2018): Particle size determines the anti-inflammatory effect of wheat bran in a model of fructose over-consumption: Implication of the gut microbiota. *J. Func. Food*, 51, 155–162.
- [28] Mirtschink, P., Jang, C., Arany Z. et al. (2017): Fructose metabolism, cardiometabolic risk, and the epidemic of coronary artery disease. *Eur. Heart J.* DOI: 10.1093/eurheartj/ehx518
- [29] Pollock, N.K., Bundy, V., Kanto W. et al. (2012): Greater Fructose Consumption Is Associated with Cardiometabolic RiskMarkers and Visceral Adiposity in Adolescents. *J. Nutr.* 142, 251–257.
- [30] Johnston, R.D., Stephenson, M.C., Crossland, H. et al. (2013): No Difference Between High-Fructose and High-Glucose Diets on Liver Triacylglycerol or Biochemistry in Healthy Overweight Men. *Gastroenterology*, 145, 1016–1025.
- [31] Yu, Z., Lowndes, J., Rippe, J. (2013): High-fructose corn syrup and sucrose have equivalent effects on energy-regulating hormones at normal human consumption levels. *Nutr. Res.* 33, 1043–1052.
- [32] Caliceti, C., Calabria, D., Roda A. et al. (2017): Fructose Intake, Serum Uric Acid, and Cardiometabolic Disorders: A Critical Review. *Nutrients*, DOI: 10.3390/nu9040395
- [33] Jayalath, V.H., Sievenpiper, J.L., de Souza, R.J. et al. (2014): Total Fructose Intake and Risk of Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohorts. *J. Am. Coll. Nutr.* 33, 328–339.
- [34] Malik, V.S., Hu, F.B. (2015): Fructose and Cardiometabolic Health – What the Evidence From Sugar-Sweetened Beverages Tells Us. *J. Am. Coll. Cardiol.* 66, 1615–1624.
- [35] Tucker, M.E. (2015): Sugar-Sweetened Beverages Linked to a Variety of Ills. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/851956, October 01, 2015.
- [36] Sodhi, K., Hilgefort, J., Stevens S. et al. (2016): Uric acid-induced adipocyte dysfunction is attenuated by HO-1 upregulation: Potential role of antioxidant therapy to target obesity. *Stem Cells International*, DOI: 10.1155/2016/8197325
- [37] Abdelmalek, M.F., Lazo, M., Horska, A. et al. (2012): Higher Dietary Fructose Is Associated With Impaired Hepatic Adenosine Triphosphate Homeostasis in Obese Individuals With Type 2 Diabetes. *Hepatology*, DOI: 10.1002/hep.25741
- [38] Laidman J. (2012): Uric Acid: Marker for High Fructose Consumption and NAFLD? *Medscape Medical News* September 18, 2012.
- [39] Wang, D.D., Sievenpiper, J.L., de Souza, R.J. et al. (2012): The Effects of Fructose Intake on Serum Uric Acid Vary among Controlled Dietary Trials. *J. Nutr.* 142, 916–923.
- [40] Zhang, Y.H., An, T., Zhang, R.C. et al. (2013): Very High Fructose Intake Increases Serum LDL-Cholesterol and Total Cholesterol: a Meta-Analysis of Controlled Feeding Trials. *J. Nutr.* DOI: 10.3945/jn.113.175323
- [41] Lustig, R.H., Mulligan, K., Noworolski, S.M. et al. (2018): Isocaloric Fructose Restriction and Metabolic Improvement in Children with Obesity and Metabolic Syndrome. *Pediatric Obesity*, DOI: 10.1002/oby.21371
- [42] Mosca, A., Nobili, V., De Vito, R. et al. (2017): Serum uric acid concentrations and fructose consumption are independently associated with NASH in children and adolescents. *J. of Hepatology*, DOI: 10.1016/j.jhep.2016.12.025
- [43] Mosca, A., Vania, A., Veraldi, S. et al. (2017): Kids, Food, and Fatty Livers: Fructose vs the Med Diet. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/878436, April 11, 2017.
- [44] Jamnik, J., Rehman, S., Mejia, S.B. et al. (2017): Fructose intake and risk of gout and hyperuricemia: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open*, DOI: 10.1136/bmjopen-2016-013191
- [45] Sun, S.Z., Flickinger, B.D., Williamson-Hughes, P.S. et al. (2010): Lack of association between dietary fructose and hyperuricemia risk in adults. *Nutrition & Metabolism*, 7:16, DOI: 10.1186/1743-7075-7-16
- [46] Goran, M.I., Dumke, K., Bouret, S.G. et al. (2013): The obesogenic effect of high fructose exposure during early development. *Nat. Rev. Endocrinol.* 9, 494–500.
- [47] Saad, A.F., Dickerson, J., Kechichian, T.B. (2016): High-fructose diet in pregnancy leads to fetal programming of hypertension, insulin resistance, and obesity in adult offspring. *Am. J. Obstet. Gynecol.* DOI: 10.1016/j.ajog.2016.03.038
- [48] Brooks, M. (2013): Fructose Effects in Brain May Contribute to Overeating. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/776988, January 02, 2013.
- [49] Page, K.A., Chan, O., Arora, J. et al. (2013): Effects of Fructose vs Glucose on Regional Cerebral Blood Flow in Brain Regions Involved With Appetite and Reward Pathways. *JAMA*, 309, 63–70.
- [50] Purnell, J.Q., Fair, S.A. (2013): Fructose Ingestion and Cerebral, Metabolic, and Satiety Responses. *JAMA*, 309, 85–86.
- [51] Luo, S., Monterosso, J.R., Sarpelleh, K. et al. (2015): Differential effects of fructose versus glucose on brain and appetitive responses to food cues and decisions for food rewards. *PNAS*, 112, 6509–6514.
- [52] Tappy, L., Egli, L., Lecoultre, V. et al. (2013): Effects of fructose-containing caloric sweeteners on resting energy expenditure and energy efficiency: a review of human trials. *Nutrition & Metabolism*, 10:54, DOI: 10.1186/1743-7075-10-54
- [53] Klurfeld, D.M., Foreyt, J., Angelopoulos, T.J. et al. (2013): Lack of evidence for high fructose corn syrup as the cause of the obesity epidemic. *International Journal of Obesity*, 37, 771–773.
- [54] van Buul, V.J., Tappy, L., Brouns, F.J.P. (2014): Misconceptions about fructose-containing sugars and their role in the obesity epidemic. *Nutrition Research Reviews*, 27, 119–130.
- [55] White, J.S. (2013): Challenging the Fructose Hypothesis: New Perspectives on Fructose Consumption and Metabolism. *Adv. Nutr.* 4, 246–256.
- [56] Morgan, R.E. (2013): Does consumption of high-fructose corn syrup beverages cause obesity in children? *Pediatric Obesity*, 8, 249–254.
- [57] DiNicolantonio, J.J., O’Keefe, J.H., Lucan, S.C. (2015): Added Fructose: A Principal Driver of Type 2 Diabetes Mellitus and Its Consequences. *Mayo Clin. Proc.* DOI: 10.1016/j.mayocp.2014.12.019
- [58] Khitan, Z., Kim, D.H. (2013): Fructose: A Key Factor in the Development of Metabolic Syndrome and Hypertension. *J. Nutrition and Metabolism*, DOI: 10.1155/2013/682673
- [59] Johnson, R.J., Murray, R. (2010): Fructose, Exercise, and Health. *Current Sports Medicine Report*, 9, 233–241.

- [60] Alberti, K.G.M.M., Eckel, R.H., Grundy, S.M. et al. (2009): Harmonizing the Metabolic Syndrome. *Circulation*, 120, 1640-1645.
- [61] Stanhope, K.L., Schwarz, J.M., Keim, N.L. et al. (2009): Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans. *J. Clin. Investigation*, 119, 1322-1334.
- [62] Rizkalla, S.W. (2010): Health implications of fructose consumption: A review of recent data. *Nutrition & Metabolism*, 7:82, DOI: 10.1186/1743-7075-7-82
- [63] Rosset, R., Surowska, A., Tappy, L. (2016): Pathogenesis of Cardiovascular and Metabolic Diseases: Are Fructose-Containing Sugars More Involved Than Other Dietary Calories? *Curr. Hypertens. Rep.* 18:44, DOI: 10.1007/s11906-016-0652-7
- [64] Zawiasa, A., Nowicki, M. (2013): Acute effects of fructose consumption on uric acid and plasma lipids in patients with impaired renal function. *Metabolism*, DOI: 10.1016/j.metabol.2013.05.020
- [65] Busko, M. (2015): Added Sweeteners in Processed Foods Tied to Diabetes. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/838906, January 29, 2015.
- [66] Sievenpiper, J.L., Chiavaroli, L., de Souza, R.J. et al. (2012): 'Catalytic' doses of fructose may benefit glycaemic control without harming cardiometabolic risk factors: a small meta-analysis of randomised controlled feeding trials. *British J. Nutrition*, 108, 418-423.
- [67] Goodman B. (2012): High-Fructose Corn Syrup Linked to Diabetes, High-Fructose Corn Syrup Linked to Diabetes. *WebMD*, <https://www.webmd.com/diabetes/news/20121127/high-fructose-corn-syrup>, November 27, 2012.
- [68] University of Southern California (2012): Study finds high fructose corn syrup-global prevalence of diabetes link. <https://medicalxpress.com/news/2012-11-high-fructose-corn-syrup-global-prevalence>, 27 November 2012 and 02 January 2018.
- [69] USDA (2008): Report 3 of the Council On Science and Public Health (A-08); The Health Effects of High Fructose Syrup (Resolution 407, A-07). <https://www.ama-assn.org/sites/default/files/media-browser/public/about-ama/councils/Council%20Reports/council-on-science-public-health/a08-csaph-high-fructose-syrup.pdf>
- [70] Johnson, R.J., Nakagawa, T., Sanchez-Lozada, L.G. et al. (2013): Sugar, Uric Acid, and the Etiology of Diabetes and Obesity. *Diabetes*, 62, 3307-3315.
- [71] Kelishadi, R., Mansourian, M., Heidari-Beni, M. (2014): Association of fructose consumption and components of metabolic syndrome in human studies: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition*, 30, 503-510.
- [72] Böhles, H. (1999): Hereditäre Fruktoseintoleranz. In: *Ernährungsmedizin* (Szerk.: Bieselski, H-K., Fürst, P., Kasper, K et al.) Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp. 442-443.
- [73] Lecturio Medical Online Library (2017): Essential Fructosemia and Fructosuria, Hereditary Fructose Intolerance, Intestinal Fructose Intolerance. <https://www.lecturio.de/magazin/fructose/#die-essentielle-fructosamie-und-fructosurie>, 1 February 2017.
- [74] Port, A.M., Ruth, M.R., Istfan N.W. (2012): Fructose consumption and cancer: is there a connection? *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* 19, 367-374.
- [75] Liu, H., Heaney, A.P. (2011): Refined fructose and cancer. *Expert Opin. Ther. Targets*, 15, 1049-59.
- [76] Feuerbach, L., A. (1863): *Spiritualität und Materialismus*. In: Reitemeyer, U., Shibata, T., Tomasoni, F. (2006): *Ludwig Feuerbach (1804-1872) Identität und Pluralismus in der globalen Gesellschaft* Waxman Verlag GmbH, Münster, New York, München, Berlin 2006.

SHIMADZU
Excellence in Science

Gas Chromatograph Mass Spectrometer

GCMS-TQ8050



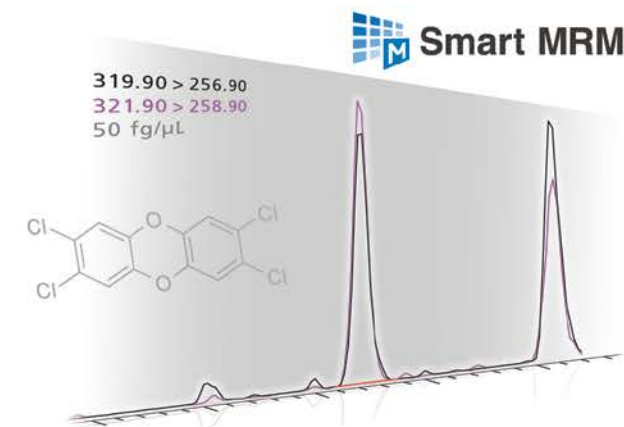
A Smart képességek új GCMS/MS lehetőségekhez vezetnek

Az új GCMS – TQ8050 hármas kvadrupól tömegspektrométer a folyamatosan fejlődő Smart technológiáknak köszönhetően túlszárnyal minden eddigi kialakítást.

Fejlett érzékenység

Az új detektor jobb erősítő képessége által maximalizálja az OFF-AXIS ionoptika előnyeit, amely magas ionátvitelt és kiemelkedő zajscsökkentést nyújt.

Ezek a csúcstechnológiák lehetővé teszik a világszerte elérhető legmagasabb érzékenységet, hiszen a rendszer számára a nyomnyi mennyiségű analízis is – egészen fektogramm szintig – végrehajtható.



György Biró¹

Received: 2017 November – Accepted: 2018 February

Human biological characteristics of fructose

Keywords: dietary sources of fructose, intake, metabolism, health consequences

1. Summary

Fructose is a natural ingredient of human nutrition, and it comes mainly from fruits and honey, and to a certain extent, from vegetables. In these sources, it is found partially in the free form of the sugar, and partially as one of the components of the disaccharide sucrose. In recent decades, the use of corn syrup, based on decomposed corn starch and containing large amounts of free fructose, and of enzymatically treated sucrose, also known as invert sugar, for the sweetening of various foods has been spreading rapidly, leading to the excessive intake of fructose. Due to the complex nature of the diet, it is very difficult to examine its consequences on the health of the consumer, transposition of the results of animal experiments to humans requires careful consideration, and is not always feasible. Despite these difficulties, it is worthwhile and important to review previous studies. There is no doubt that fructose participates in metabolism in a unique way, its behavior differs from that of glucose, which has an essential function in humans. Therefore, different physiological consequences have to be considered. Diseases of the cardiovascular system, obesity, symptoms of the metabolic syndrome, and even malignant tumors may be related to excessive fructose intake. Epidemiological studies and research on the correlations do not always present a consistent picture, there are differing results. Resolving contradictions still requires a great amount of analysis. However, the power of science lies exactly in the fact that it can provide a clear picture through evidence and counter-arguments.

2. Introduction

Fructose (formerly known as levulose) is present in our everyday diet, on the one hand, as an ingredient of complex sugars (e.g., sucrose, fructo-oligosaccharide), and on the other hand, as a free monosaccharide. Since there has been an upward trend in the intake of fructose, and since its absorption and involvement in metabolic processes in the body is quite unique, and differs from those of another monosaccharide, glucose, which has a similar intake, it is necessary to overview its effect on human physiological processes separately.

It should be noted here that a significant portion of the studies on fructose report carried out on animals, mainly rodents, and the transposition of the conclusions of these experiments to humans has many

uncertainties. The fact that, in human studies, the sugar is never consumed by the subjects in an isolated way requires further considerations. The nutritional matrix and its composition can cause significant changes in physiological reactions and, in addition, the quantity consumed cannot always be regulated with adequate precision, as opposed to animal experiments. In animal models, high fructose intake caused clearly observable insulin resistance, impaired glucose tolerance and high blood pressure, however, human observations are often inconsistent [1], [2].

Results of animal studies conducted with pure fructose and glucose are certainly interesting and valuable from a scientific point of view, but they can be directly adopted to human nutrition only with reservations, and require careful consideration. The relationship between fructose, corn syrup

and cardiovascular diseases, metabolic syndrome and fatty liver is still the subject of discussion, even more so, because studies carried out using different methods have led to different conclusions. To resolve the contradictions, further investigation and observations are needed, revealing the details [3]. The open-chain and cyclic structural formula of glucose (aldohexose) are shown in **Figure 1**. For comparison, **Figure 2** shows the open-chain and cyclic structural formula of fructose (ketohexose).

3. Sources of fructose and the amount consumed

Natural sources of free fructose are fruits and honey, and to a lesser extent, vegetables. 100 g of apples contains approximately 6 g of fructose, the same amount of honey contains 40 g of fructose. The same sources provide also sucrose containing fructose and glucose in a 1:1 ratio. From the sixties and seventies of the last century, the amount of syrup produced from corn flour in an enzymatic way and containing 42 or 55 percent (sometimes less, sometimes more) fructose has grown rapidly, and it has been used for the sweetening of foods, at a price level more favorable than that of traditional sugar. Less often used is invert sugar produced from enzymatically decomposed sucrose, which is marketed as a solution or as a syrup. Its fructose content is 1.5 to 25% [4], [5]. Sugar alcohols (e.g., sorbitol) are also a source of fructose [6].

There are no detailed data available on domestic fructose intake. According to a summary compiled in 2012, among the 42 countries involved in the study, Hungary was second, behind the United States, in the consumption of high-fructose syrup, with an annual per capita consumption of 16.85 kg, which is equivalent to roughly 8 kg of fructose. In Europe, the lowest fructose intake, 11 to 20 g per day or 3.5 to 7.0 kg per year, was found in the case of Finish adolescents, the latter value being close to the Hungarian data [7], [8]. In the United States, about 40% of the total sugar consumption comes from sweetened drinks in which fructose corn syrup is used [9]. Its consumption grew by 1000% between 1970 and 1990, while its share among sweeteners rose from 16% to 42% between 1978 and 1998 [10], [11]. During the third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) conducted in the United States between 1988 and 1994, involving 21483 children and adults, the average fructose intake was found to be 54.7 g (10.2% of the total energy intake), with extreme values of 38.4 and 72.8 g. The largest amount of fructose was in the diet of adolescents, with an average energy percentage value of 12.1, but in the case of one quarter of them, the value was 15% [12].

4. The absorption of fructose

Fructose is absorbed from the small intestine, mainly from the jejunum, depending on the concentration

gradient, without the use of energy and without direct regulation. Therefore, an excessive amount of fructose is not absorbed, it remains in the intestine, and causes diarrhea because of its osmotic effect. Fructose is fermented by the bacterial flora of the colon, and short-chain fatty acids (acetic acid, propionic acid, butyric acid) and gases (hydrogen, methane, carbon dioxide) are produced. The latter cause abdominal pain and bloating, and also contribute to increased bowel movement. The presence of glucose promotes the absorption of fructose [13]. The passage of fructose through the intestinal wall, regardless of its source, is assisted by the GLUT5 glucose transporter protein of the cells (enterocytes). It is then transmitted from the enterocytes to the blood vessel leading to the liver by the GLUT2 transporter. Further metabolic processes take place in the liver. GLUT5 is independent of the Na⁺ ion, its kinetics (Michaelis-Menten constant, K_m) for fructose is ten times slower than that of GLUT2. GLUT5 is found in the kidney, heart, brain, skeletal muscles and the membrane of fat cells. For the fructose uptake of the cells, no insulin is required. As a result of chemical transformations in the liver, fructose, similarly to glucose, enters the process of glycolysis, and serves as a substrate for gluconeogenesis, glycogenolysis, the lactate/Cori cycle, pentose phosphate and lipid synthesis. A significant part of the fructose is converted to glucose in the liver, the degree of which is directly proportional to physical activity. In the case of excessive fructose intake, the synthesis of glyceraldehyde-3-phosphate and dihydroxyacetone phosphate increases, resulting in an increased amount of acetyl-CoA, which promotes lipogenesis [1], [14]. Fructose feeding changes gene expression in rats, as well as the sense of satiety in the brain, increases the risk of inflammation and the amount of reactive oxygen species, and increases the bacterial endotoxin (lipopolysaccharide) concentration of the portal vein in mice [1], [15]. Adverse effects accumulate in the case of an excessive energy input [16].

5. The path of fructose in metabolism

According to various studies, the energy required for the metabolising of fructose as a nutrient is one and a half to three times higher than that of glucose, but this basically does not influence basic metabolism [17]. Fructose, as was outlined above, is predominantly metabolized in the liver, but the kidneys are also able to use a significant amount of it, although there is only a slight chance of this, because very little fructose enters the bloodstream and so it cannot reach the kidneys. In the liver, fructolysis, similarly to glycolysis, is accompanied by phosphorylation (fructose 1 phosphate), with the involvement of the fructokinase enzyme. The enzyme is not regulated, and operates until the exhaustion of the available adenosine triphosphate. After this, the aldolase B enzyme is activated and the resulting glyceraldehyde, after several modifications, finally joins the glycolysis step [13].

¹ Retired university professor, Semmelweis University, Faculty of Health Sciences

According to several respiratory quotient (RQ, the ratio of the carbon dioxide produced by the body to the oxygen consumed by the body) measurement results, fructose reduces the oxidation of fats and increases the oxidation of carbohydrates (higher RQ), however, since concomitant lipogenesis is accompanied by carbon dioxide release even in the absence of oxidation, this conclusion could be erroneous [13]. The working group of Cox carried out a 10-week-long study with the involvement of a small number of people of both sexes, aged 40 to 72, having them consume fructose- or glucose-containing drinks so that the energy provided by the sugars reached 25% of the total energy intake. Resting energy expenditure and fat oxidation decreased significantly, while that of carbohydrates increased as a result of fructose [18].

If glucose/sucrose is replaced by fructose in the diet, the rise in blood sugar and insulin levels after a meal are significantly lower and triglyceride levels in the blood are not increased by isocaloric substitution, however, due to excessive intake, there is a marked rise after a meal [19], [20]. In the case of a persistent replacement, fasting blood sugar and the level of glucose hemoglobin (HbA1c) decrease, while the titers of triglycerides and insulin remain almost unchanged [21], [22].

Outside the liver (typically in the Leydig cells of the testicles) fructose may be transformed into glucose. During the process, sorbitol is formed. In the case of diabetic patients, due to the comprehensive metabolic disorder, sorbitol accumulates in the eye and can cause cataracts [10].

It was observed by Aeberli et al. in young adults that after consuming, for 3 weeks, 600 ml of a beverage containing 40 g/day fructose (MF), 80 g/day fructose (HF), glucose (HG) or sucrose (HS) the amount of free fatty acids increased significantly for the MF group, while the total cholesterol and LDL cholesterol increased for the MF, HF and HS groups, compared to the HG group. Insulin resistance was increased in the liver by HF [23].

There is an interesting relationship between fructose and the level of the hormone fibroblast growth factor 21 (FGF21). FGF21 is a hormone that performs multiple functions, the properties of which have been studied in rodents, and it seems that it plays a critical role in the adaptation to starvation. In humans, as a result of fructose, its level in the blood serum increases rapidly and pronouncedly, while the increase is much less pronounced and slower due to glucose. Patients with metabolic syndrome react with a higher level. Presumably, FGF21 plays an important role in fructose metabolism [24]. The hormone contributes to the reduction of body weight, and to the favorable development of sugar and fat metabolism. Based on the results of animal experiments, there seems to be a contradiction: fructose itself is metabolically

unfavorable, however, its intake causes an increase in the level of a beneficial hormone, furthermore, in the case of metabolic syndrome, basic levels are higher. Therefore, it is likely that in these cases a resistance to FGF21 develops, but the exact nature of the process is still to be clarified [25].

6. Fructose and cardiovascular disorders, with special emphasis on lipids

According to epidemiological observations, the consumption of a high energy diet containing fructose increases the blood triglyceride level, which is the result of the increased lipogenesis in the liver. It is difficult to determine accurately the dose-response relationship, however, the phenomenon cannot be observed with fructose doses of less than 50 g per day. It still needs to be clarified, whether lipogenesis is attributable to the abundant energy intake, or it is the *per se* effect of fructose or other sugars. Lipid overload of the liver may lead to the formation of non-alcoholic fatty liver, but the mechanism of this is still unknown. According to animal experiments, oxidative stress may be in the background [17], [26]. A unique relationship is indicated by the study, according to which the ratio of Enterobacteriaceae strains in the intestinal microbiota increases due to excessive fructose levels in mice, resulting in the liver in the increased expression of the genes that play a key role in inflammation. Inflammation and its markers (in the liver and systematically) may be suppressed by the administration of small grain size wheat bran which favorably modifies the intestinal flora [27].

Also according to human epidemiological and intervention studies, excessive intake of fructose increases cardiovascular mortality. This fact was confirmed by experiments carried out in cell cultures and animals [28]. In adolescents, abdominal obesity mediates cardiometabolic risk [29].

During lipogenesis, mainly palmitic acid is formed, which is related to atherosclerosis. Fatty acids are incorporated into very low-density lipoprotein (VLDL) molecules, which turn into low density lipoprotein (LDL), increasing blood atherogenic triglyceride and LDL levels. Several studies have shown that fructose consumption below 50 g/day does not increase cardiovascular risk [13].

In the case of overweight people, consequences differing from the above have been found by Johnston et al. after the consumption of fructose or glucose. If either fructose or glucose was administered while maintaining the energy value of the diet, there was no change in liver enzymes or in triglyceride levels. However, in the case of excessive energy intake, both parameters increased for both sugars, indicating the energy dependence of the effect, rather than the specific effect of the macronutrient [30]. Similar changes in triglyceride, glucose, insulin, leptin, ghrelin and uric acid levels have been found by Yu et

al. in the case of daily fructose or glucose intakes of 40, 90 or 150 g, so the metabolic consequences of these two sugars did not differ in these respects [31].

Fructose-induced uric acid in physiological concentrations protects the cell membrane from oxidative effects, but under certain inflammatory conditions, such as atheromatous plaque formation (a fatty degeneration of the artery wall), it can be prooxidative. Oxidative stress contributes to the dysfunction of the endothelial cells that form the inner walls of the arteries, to atherosclerosis, to myocardial energy disorder, and also to insulin resistance. Evaluation of the cardiometabolic significance of uric acid is not a closed question yet, although the relationships outlined above rely on scientific evidence [32]. Experimental results show that hyperuricaemia (the high blood serum level of uric acid) is related to higher systolic blood pressure, because the formation of vasodilatory nitric oxide in the internal vascular wall is inhibited by uric acid [1].

However, according to the meta-analysis of three prospective studies involving more than 220,000 individuals, no correlation could be demonstrated between fructose of no more than 14 energy% and the incidence of hypertension. The spline curve is negative under ~10 energy%, while above this value it is positive, U-shaped [33].

In their overview, Malik and his working group attach special importance drinks sweetened by sugars, the fructose content of which is derived from corn syrup and/or sucrose. The risk of cardiovascular diseases (and of obesity and diabetes) is increased by these drinks due to the special metabolic effects of fructose (*de novo* lipogenesis, abdominal obesity, uric acid formation) [34], [35].

7. Fructose and uric acid

Uric acid is the end product of purine metabolism, a commonly known consequence of its accumulation in the body is gout. Fructose intake is closely related to high blood pressure, metabolic syndrome and cardiovascular diseases, and it is also an independent risk factor for chronic kidney disease, type 2 diabetes and advanced age dementia. The phenomena can already be observed near the upper limit of the normal blood serum uric acid range. Phosphorylation of fructose to fructose-1-phosphate is a rapid process, leading to a decrease the phosphate and adenosine triphosphate (ATP) levels within the cell. As a result, AMP deaminase degrading adenosine monophosphate (AMP) is stimulated, together with purine (xanthine) degradation, which results in the formation of uric acid and mitochondrial oxidants, and even fructose itself can induce oxidative stress. The latter process leads to *de novo* lipogenesis in the liver through the Krebs cycle, and to the accumulation of fatty acids [32]. The increase in triglyceride levels leads to the formation of non-alcoholic fatty liver [1].

Fructose promotes fat accumulation in fat cells from the mesenchyme (a tissue group originating from the mesoderm), and this process is mediated by uric acid [36].

The lack of ATP was already observed when consuming 15 g of fructose per day, as well as the disturbance in its substitution following intravenous fructose provocation. People with high uric acid levels had lower ATP levels in the liver after fructose injection. A high fructose intake and a high uric acid level both indicate the lack of ATP as a response to fructose, and it is a risk factor for the development and progression of fatty liver. No adverse changes are caused by isoenergetic fructose intake [37], [38], [39], [40].

In children, isoenergetic reduction of fructose intake improves blood pressure, as well as triglyceride, LDL cholesterol and insulin levels, and glucose tolerance [41]. Fructose and uric acid are still independent risk factors for fatty liver in adolescence, overweight people being particularly at risk in this respect [42], [43].

It was supported by the observation of more than 125,000 people for 17 years, during which 1533 cases of gout were registered, that high fructose intake is associated with this disease, apparently because of increased uric acid levels [44]. However, according to certain literature data, the antioxidant capacity of blood may be increased by uric acid by up to 50% [6].

Contrary to the above, it was found in a study United States, involving nearly 9,400 individuals aged 20 to 80 years, that dietary fructose was not related to serum uric acid, however, alcohol consumption showed a significant positive and fiber intake showed a negative correlation [45].

8. Fructose and obesity

The unique metabolism of fructose promotes obesity and, according to the data gathered so far, the fetus developing in the womb, the newborn and the infant are not immune to this either. Therefore, fructose exposure, which is not part of the infant's natural diet, together with the active transport of fructose in the uterus through the placenta, is likely to enable fructose to cause a malfunction in metabolism and development. Fructose effects in the critical period are obesogenic, and cause life-long changes in the neuroendocrine system, in hunger control, eating habits, *de novo* fat formation, fat distribution and metabolic processes and their systems [46].

If a mother consumes a diet rich in fructose during pregnancy, it leads to obesity, as well as metabolic dysfunction, high blood pressure, i.e., cardiovascular risk in the offspring in adulthood, through fetal "programming". Consequences are more pronounced in the case of female offspring. It is definitely justified

to create the diet plan of a pregnant women by taking into consideration the risks of fructose, and limit its amount [47].

The question still remains whether the ability of fructose to cause satiety is lower or higher than that of other sugars, i.e., whether it contributes to the consumption of more food. The modern imaging process, nuclear magnetic resonance spectroscopy makes it possible to observe the activities of certain brain areas by studying the blood supply of the areas in question. It turned out that the activity of the hypothalamus, playing an important role in energy regulation, lower in the case of fructose than in the case of glucose, and this is probably an indicator of a lack of satiety [48], [49], [50]. Fructose also influences other hormones that regulate food consumption [51]. There are also contrasting observations: fructose decreases appetite to the same extent, or even better than glucose, if consumed before a meal. Even if the causal role of fructose in obesity could be accepted because of a lack of the sense of satiety in the brain, there are still other results that raise doubts. One of these is the limited absorption of fructose, as a result of which not much sugar can enter the metabolism and so it cannot cause weight gain. Another one: the thermogenic heat of fructose is higher than that of glucose. Moreover, fructose is sweeter than glucose, therefore, less of it is needed to achieve the same sweetness [13].

The conclusion was drawn by Tappy et al. from 17 studies dealing exclusively with obesity that, according to the experiences gained while examining the consumption of drinks sweetened with corn syrup, fructose does not reduce the use of energy, weight gain is more likely to be due to the higher energy intake [52]. Particularly unfavorable from a weight gain point of view is the long-term consumption of drinks sweetened with fructose-containing syrup in large amounts [14].

In rats, fructose causes a more pronounced weight gain than glucose or sucrose, although the latter ones also cause obesity, as a function of the energy intake. In addition, fructose intake produces less brown adipose tissue, which turns excess energy intake into heat (and not into spare fat). The phenomenon is more pronounced in males than in females [10].

According to other researchers, the role of fructose or corn syrup in obesity is insufficiently corroborated scientifically, several other factors should be investigated, excess energy intake could be more important, the discussion is not yet over [53], [54]. White concludes in his summary article that dietary fructose is safe in proportionate amounts, it can cause metabolic disturbances in the case of an abuse (excess intake), but this is also true for other

nutrients in similar cases [55]. The same applies to the relationship between childhood obesity and the consumption of corn syrup [56].

9. Fructose and metabolic syndrome

Animal experiments and human studies both support the fact that added sugar contributes to the risk of diabetes and related metabolic disorders (cardiovascular risk). Added fructose (either as an ingredient of sucrose or in the form of corn syrup) is particularly important in this regard. Another disadvantage: isolated fructose causes kidney damage in rodents, in humans this can be observed after long-term consumption of drinks sweetened with corn syrup. It is important to note that food containing natural fructose (fruits, vegetables) do not pose a health risk, they even have a protective effect. A typical data is that while about one half of the weight of corn syrup used for sweetening is fructose, in the case of sweet peaches the value is 1%. Ideally, there is no need to add fructose to foods. It is desirable that the proportion of all added sugar remains below the 5% recently recommended by the World Health Organization, with respect to the total energy intake [57].

The results of more and more research suggest that fructose intake greater than 50 g is associated with metabolic syndrome, which presents the group of obesity, blood fat dysfunctions (dyslipidaemia: high LDL cholesterol level and decreased HDL cholesterol level¹), high blood pressure and insulin resistance/ high fasting blood sugar/diabetes as a complex concept, as well as the associated disposition to inflammation and thrombosis (prothrombosis). In animal experiments, glucose or starch do not produce similar symptoms [58]. This is the consequence of the lack of adenosine triphosphate due to the rapid metabolism of fructose, associated with mitochondrial and endothelial dysfunction, making people predisposed to obesity, diabetes and hypertension. This unfavorable phenomenon can be averted to a great extent by physical activity requiring large energy consumption (e.g., in the case of athletes) [59], [60]. Fructose poses a particular risk for the development of metabolic syndrome in the case of overweight, obese people [61].

Fructose in amounts of less than 50 g or 10 energy% does not effect a change in lipid and glucose metabolism [62], however, long-term intake of even small amounts causes kidney damage [63], [64].

Fructose does not induce insulin secretion and does not increase leptin production. The latter factor points toward an increased food consumption, however, excess energy leads to a clear increase in body weight [9].

Extreme increase in the intake of fructose (up to 80 g/day) moderately reduces the sensitivity of the liver to insulin, but this does not affect blood sugar levels, normal amounts of fructose do not increase the risk of diabetes [17], [65]. For decades, fructose had been a staple in the diet of diabetic patients because of its low glycemic index. However, experiments on rodents demonstrated insulin resistance and weight gain caused by long-term consumption of significant amounts, and similar consequences of drinks sweetened with fructose and large amounts of dietary fructose, therefore, fructose has been removed from the treatment scheme [1].

According to some low-volume studies, the intake of small amounts of fructose (no more than 10 g per meal, no more than 36 g per day, as a substitute for other carbohydrates) may improve the glycemic index of the diet and, thus, fasting blood glucose, uric acid and triglyceride levels, as may reduce obesity [66].

The role of fructose in the development of type 2 diabetes:

- It increases fat accumulation in the liver and, as a consequence, the insulin resistance of liver cells.
- Free fatty acids are released from VLDL and they induce insulin resistance by deposition in the skeletal muscle cells.
- The decrease in the amount of ATP also decreases the insulin-binding capacity of the cells and presumably the number of insulin receptors as well.
- Inflammation and oxidative stress damage the insulin production capacity of the pancreas [57].

In countries where fructose intake is high and corn syrup is regularly used for sweetening (with a significant amount of free fructose), the incidence of type 2 diabetes, regardless of obesity, is almost 20% higher than in places where there is no such use: the average prevalence of diabetes is 8% compared to 6.7%. However, many researchers argue that fructose alone is responsible for this difference, that this monosaccharide is so different from other sugars [8], [67], [68]. The same view is reflected in the official statement of the United States Department of Agriculture (USDA) [69]. According to other researchers, drinks sweetened with syrup are directly linked to the causes of metabolic diseases [14].

Uric acid can contribute to the insulin resistance of the liver by inducing mitochondrial oxidative stress and fatty liver. It inhibits the vasodilating effect of insulin, which is important for the delivery of glucose to skeletal muscle. It inhibits the production of the hormone adiponectin in fat cells and thus causes local inflammation. Through oxidative stress, uric acid directly damages the insulin-producing islet cells of the pancreas, causing dysfunction and diabetes [58], [70].

Although there is little research data regarding the physiological effects of fructose in humans, it can be concluded that an intake not exceeding 50 to 60 g/day does not increase the risk of atherosclerosis, type 2 diabetes and obesity more than other sugars. However, if the intake exceeds this value, especially together with a high energy intake from glucose/starch, the negative health consequences of *de novo* lipogenesis have to be considered [13].

The meta-analysis of 15 research programs revealed a significant positive correlation between fructose intake and fasting blood glucose, systolic blood pressure and elevated triglyceride levels, a negative relationship with HDL cholesterol, however, after taking into consideration the significant heterogeneity of the individual studies, the significance could only be maintained in the case of blood sugar [71].

10. Fructose intolerance, fructosuria

In the case of essential/benign fructose intolerance, due to the lack of the liver enzyme fructokinase, fructose concentration in blood rises (fruktosemia) and the sugar is secreted by the kidneys, so it appears in the urine (fruktosuria). It occurs in certain ethnic groups, does not cause any symptoms, and treatment is not justified.

Hereditary fructose intolerance is a consequence of the absence of the aldolase B enzyme. It is a rather rare disorder, statistically affecting one person out of every 20,000 to 130,000. The disease is inherited autosomally in a recessive way, that is, both parents must carry the altered gene without them being sick. Already in childhood it causes symptoms such as vomiting, decreased blood sugar levels, because no glucose is produced from glycogen. Fructose 1-phosphate accumulates in the liver, disrupting ATP regeneration, uric acid is produced from AMP, gout may develop. Avoiding fructose-containing foods is the main factor in its treatment [10].

Poor absorption (malabsorption) of fructose, also known as dietary fructose intolerance, is much more common, it is similar to lactose intolerance, and may affect one third of the population. The cause could be the reduced efficiency of GLUT5 transport, or the lack of glucose-1-phosphate aldolase and, as a result, the toxic effect due to the accumulation of fructose-1-phosphate. There are studies that do not support these deficiencies consider an increased individual sensitivity to fructose or the unique role of the gut flora the cause. Its symptoms are similar to the above, and its treatment also [7], [72], [73].

11. Malignant tumors

Because of their increased ability to divide, tumor cells require more cell growth material and protein. Fructose, along with glucose, but more strongly, promotes protein biosynthesis. Observation studies

¹ High-density lipoprotein, it transports cholesterol deposited in the blood vessels back to the liver. Its popular name is „good“ cholesterol.

and experiments indicate that fructose increases the risk of certain malignant processes, probably through oxidative stress and metabolic irregularities. Fructose mainly promotes the development of aggressive pancreatic and small intestine tumors and metastases. To bring to light all the details, much more research is needed [74].

Tumor cells use fructose readily for proliferation, and they prefer this sugar for their nucleic acid synthesis. Dietary fructose contributes to the development of the tumor in several possible ways: through changed cell metabolism, more reactive oxygen species, nucleic acid lesions or inflammation [75].

12. Conclusions

The thought „You are what you eat”, based on the traditions of Hippocrates, comes from Feuerbach. It means that the food consumed by humans fundamentally affects their health, including physiological, psychological and mental ability characteristics [76]. With this literature overview, my intention was to summarize the results of the scientific works on the effects of one of the most common ingredients of our everyday diet, fructose, a ketose type monosaccharide which has been consumed for decades, on humans. I undertook to collect literature results and opinions, because Hungarian source works lack a detailed discussion of the physiological effects of this long-known food ingredient, which has not been considered the least bit dangerous.

Based on the available literature sources, it can be concluded that regular consumption of fructose raises many questions. From the publications processed in my overview, it is not possible to determine clearly whether fructose has a beneficial or unfavorable physiological effect, but it is indisputable that this natural sweetener, in contrast with its close relative, glucose, participates in completely different biochemical processes. Its glycemic index is lower than that of glucose, yet it is not suitable for the diet of people suffering from type 2 diabetes, because of the indication of uric acid, among other things. Many researchers believe that excessive fructose intake may increase the prevalence of fatty liver and high blood lipid levels. The involvement of fructose is suggested in the development of metabolic syndrome, abdominal obesity, high blood pressure, and in general, cardiovascular diseases, as well as occasionally in the development of tumor diseases.

The development of the above-mentioned abnormalities is linked by several papers to the consumption of significant amounts of fructose (more than 50 g per day). This means that if fructose intake is restricted to fruits and vegetables, and a personalized diet is followed, no adverse human health effects are expected.

13. References

- [1] Celep, G.S., Rastmanesh, R., Bozoğlu, F. (2015): Fructose Metabolism and Health Risks. *Obesity & Weight Loss Therapy*. DOI: 10.4172/2165-7904.1000245
- [2] Dornas, W.C., de Lima, W.G., Pedrosa, M.I. et al. (2015): Health Implications of High-Fructose Intake and Current Research. *Advances in Nutrition*, 6:729–37.
- [3] Rippe, J.M., Angelopoulos, T.J. (2013): Sucrose, High-Fructose Corn Syrup, and Fructose, Their Metabolism and Potential Health Effects: What Do We Really Know? *Advances in Nutrition*, 4: 236–245.
- [4] Hoschke Á., Rezessyné Szabó J. (2008): Cukrok, cukoralkoholok és mézek. In: *Élelmiszer-kémia*. (Szerk: Hajós Gyöngyi) Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008. pp. 462-478.
- [5] Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) (2006): 1-3-2001/111 számú előírás (2. kiadás).
- [6] de Oliveira, E.P., Burini, R.C. (2012): High plasma uric acid concentration: causes and consequences. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, DOI: 10.1186/1758-5996-4-12
- [7] Buzás Gy.M. (2016): A fruktóz és a fruktózin-tolerancia. *Orv. Hetil.* 157, 1708–1716.
- [8] Goran, M.I., Ulijaszek, S.J., Ventura, E.E. (2012): High fructose corn syrup and diabetes prevalence: A global perspective. *Global Public Health*, DOI: 10.1080/17441692.2012.736257
- [9] Bray, G.A., Nielsen, S.J., Popkin, B.M. (2004): Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 79, 537–543.
- [10] Akram, M., Hamid, A. (2012): Mini review on fructose metabolism. *Obesity Research & Clinical Practice*, DOI: 10.1016/j.orcp.2012.11.002
- [11] Marriott, B.P., Cole, N., Lee, E. (2009): National Estimates of Dietary Fructose Intake Increased from 1977 to 2004 in the United States *J. Nutr.* 139, 1228S–1235S.
- [12] Vos, M.B., Kimmons, J.E., Gillespie, C. et al. (2008): Dietary Fructose Consumption Among US Children and Adults: The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Medscape, J. Med.* 10(7), 160. Published online 2008 July 9. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2525476/
- [13] Kolderup, A., Svihus, B. (2015): Fructose Metabolism and Relation to Atherosclerosis, Type 2 Diabetes, and Obesity. *Journal of Nutrition and Metabolism*, DOI: 10.1155/2015/823081
- [14] Tappy, L., Lê, K.A., Tran, C. et al. (2010): Fructose and metabolic diseases: New findings, new questions. *Nutrition*, 26, 1044-1049.
- [15] Tappy, L. (2012): ‘Toxic’ effects of sugar: should we be afraid of fructose? *BMC Biology*, DOI: 10.1186/1741-7007-10-42
- [16] Tappy, L., Mittendorfer, B. (2012): Fructose toxicity: is the science ready for public health actions? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, DOI: 10.1097/MCO.0b013e328354727e
- [17] Genet R. (2016): Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the establishment of recommendations on sugar intake. 2 December 2016, Request No 2012-SA-0186.
- [18] Cox, C.L., Stanhope, K.L., Schwarz J.M. et al. (2012): Consumption of fructose-sweetened beverages for 10 weeks reduces net fat oxidation and energy expenditure in overweight/obese men and women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66, 201–208.
- [19] Evans, R.A., Frese, M., Romero, J. et al. (2017): Fructose replacement of glucose or sucrose in food or beverages lowers postprandial glucose and insulin without raising triglycerides: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 506-518.
- [20] Wang, D.D., Sievenpiper, J.L., de Souza R.J. et al. (2013): Effect of fructose on postprandial triglycerides: a systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials. *Atherosclerosis*, DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.10.019
- [21] Evans, R.A., Frese, M., Romero, J. et al. (2017): Chronic fructose substitution for glucose or sucrose in food or beverages has little effect on fasting blood glucose, insulin, or triglycerides: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 519-529.
- [22] Sievenpiper, J.L. (2017): Fructose: back to the future? *Am. J. Clin. Nutr.* 106, 439-442.
- [23] Aeberli, I., Hochuli, M., Gerber, P.A. et al. (2013): Moderate Amounts of Fructose Consumption Impair Insulin Sensitivity in Healthy Young Men. *Diabetes Care* 36, 150–156.
- [24] Dushay, J.R., Toschi, E., Mitten, E.K. et al. (2015): Fructose ingestion acutely stimulates circulating FGF21 levels in humans. *Molecular Metabolism*, 4, 51-57.
- [25] Hofmann, S.M., Havel, P.J. (2014): The Good, the Bad, and the Unknown: Fructose and FGF21. *Molecular Metabolism*, DOI: 10.1016/j.molmet.2014.11.002
- [26] Moore, J.B., Gunn, P.J., Fielding, B.A. (2014): The Role of Dietary Sugars and *De novo* Lipogenesis in Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *Nutrients*, DOI: 10.3390/nu6125679
- [27] Suriano, F., Neyrinck, A.M., Verspreet, J. et al. (2018): Particle size determines the anti-inflammatory effect of wheat bran in a model of fructose over-consumption: Implication of the gut microbiota. *J. Func. Food*, 51, 155-162.
- [28] Mirtschink, P., Jang, C., Arany Z. et al. (2017): Fructose metabolism, cardiometabolic risk, and the epidemic of coronary artery disease. *Eur. Heart J.* DOI: 10.1093/eurheartj/ehx518
- [29] Pollock, N.K., Bundy, V., Kanto W. et al. (2012): Greater Fructose Consumption Is Associated with Cardiometabolic Risk Markers and Visceral Adiposity in Adolescents. *J. Nutr.* 142, 251-257.
- [30] Johnston, R.D., Stephenson, M.C., Crossland, H. et al. (2013): No Difference Between High-Fructose and High-Glucose Diets on Liver Triacylglycerol or Biochemistry in Healthy Overweight Men. *Gastroenterology*, 145, 1016-1025.
- [31] Yu, Z., Lowndes, J., Rippe, J. (2013): High-fructose corn syrup and sucrose have equivalent effects on energy-regulating hormones at normal human consumption levels. *Nutr. Res.* 33, 1043-1052.
- [32] Caliceti, C., Calabria, D., Roda A. et al. (2017): Fructose Intake, Serum Uric Acid, and Cardiometabolic Disorders: A Critical Review. *Nutrients*, DOI: 10.3390/nu9040395
- [33] Jayalath, V.H., Sievenpiper, J.L., de Souza, R.J. et al. (2014): Total Fructose Intake and Risk of Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohorts. *J. Am. Coll. Nutr.* 33, 328-339.
- [34] Malik, V.S., Hu, F.B. (2015): Fructose and Cardiometabolic Health – What the Evidence From Sugar-Sweetened Beverages Tells Us. *J. Am. Coll. Cardiol.* 66, 1615-1624.
- [35] Tucker, M.E. (2015): Sugar-Sweetened Beverages Linked to a Variety of Ills. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/851956, October 01, 2015.
- [36] Sodhi, K., Hilgefort, J., Stevens S. et al. (2016): Uric acid-induced adipocyte dysfunction is attenuated by HO-1 upregulation: Potential role of antioxidant therapy to target obesity. *Stem Cells International*, DOI: 10.1155/2016/8197325
- [37] Abdelmalek, M.F., Lazo, M., Horska, A. et al. (2012): Higher Dietary Fructose Is Associated With Impaired Hepatic Adenosine Triphosphate Homeostasis in Obese Individuals With Type 2 Diabetes. *Hepatology*, DOI: 10.1002/hep.25741
- [38] Laidman J. (2012): Uric Acid: Marker for High Fructose Consumption and NAFLD? *Medscape Medical News* September 18, 2012.
- [39] Wang, D.D., Sievenpiper, J.L., de Souza, R.J. et al. (2012): The Effects of Fructose Intake on Serum Uric Acid Vary among Controlled Dietary Trials. *J. Nutr.* 142, 916–923.

- [40] Zhang, Y.H., An, T., Zhang, R.C. et al. (2013): Very High Fructose Intake Increases Serum LDL-Cholesterol and Total Cholesterol: a Meta-Analysis of Controlled Feeding Trials. *J. Nutr.* DOI: 10.3945/jn.113.175323
- [41] Lustig, R.H., Mulligan, K., Noworolski, S.M. et al. (2018): Isocaloric Fructose Restriction and Metabolic Improvement in Children with Obesity and Metabolic Syndrome. *Pediatric Obesity*, DOI: 10.1002/oby.21371
- [42] Mosca, A., Nobili, V., De Vito, R. et al. (2017): Serum uric acid concentrations and fructose consumption are independently associated with NASH in children and adolescents. *J. of Hepatology*, DOI: 10.1016/j.jhep.2016.12.025
- [43] Mosca, A., Vania, A., Veraldi, S. et al. (2017): Kids, Food, and Fatty Livers: Fructose vs the Med Diet. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/878436, April 11, 2017.
- [44] Jamnik, J., Rehman, S., Mejia, S.B. et al. (2017): Fructose intake and risk of gout and hyperuricemia: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open*, DOI: 10.1136/bmjopen-2016-013191
- [45] Sun, S.Z., Flickinger, B.D., Williamson-Hughes, P.S. et al. (2010): Lack of association between dietary fructose and hyperuricemia risk in adults. *Nutrition & Metabolism*, 7:16, DOI: 10.1186/1743-7075-7-16
- [46] Goran, M.I., Dumke, K., Bouret, S.G. et al. (2013): The obesogenic effect of high fructose exposure during early development. *Nat. Rev. Endocrinol.* 9, 494–500.
- [47] Saad, A.F., Dickerson, J., Kechichian, T.B. (2016): High-fructose diet in pregnancy leads to fetal programming of hypertension, insulin resistance, and obesity in adult offspring. *Am. J. Obstet. Gynecol.* DOI: 10.1016/j.ajog.2016.03.038
- [48] Brooks, M. (2013): Fructose Effects in Brain May Contribute to Overeating. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/776988, January 02, 2013.
- [49] Page, K.A., Chan, O., Arora, J. et al. (2013): Effects of Fructose vs Glucose on Regional Cerebral Blood Flow in Brain Regions Involved With Appetite and Reward Pathways. *JAMA*, 309, 63–70.
- [50] Purnell, J.Q., Fair, S.A. (2013): Fructose Ingestion and Cerebral, Metabolic, and Satiety Responses. *JAMA*, 309, 85–86.
- [51] Luo, S., Monterosso, J.R., Sarpelleh, K. et al. (2015): Differential effects of fructose versus glucose on brain and appetitive responses to food cues and decisions for food rewards. *PNAS*, 112, 6509–6514.
- [52] Tappy, L., Egli, L., Lecoultré, V. et al. (2013): Effects of fructose-containing caloric sweeteners on resting energy expenditure and energy efficiency: a review of human trials. *Nutrition & Metabolism*, 10:54, DOI: 10.1186/1743-7075-10-54
- [53] Klurfeld, D.M., Foreyt, J., Angelopoulos, T.J. et al. (2013): Lack of evidence for high fructose corn syrup as the cause of the obesity epidemic. *International Journal of Obesity*, 37, 771–773.
- [54] van Buul, V.J., Tappy, L., Brouns, F.J.P. (2014): Misconceptions about fructose-containing sugars and their role in the obesity epidemic. *Nutrition Research Reviews*, 27, 119–130.
- [55] White, J.S. (2013): Challenging the Fructose Hypothesis: New Perspectives on Fructose Consumption and Metabolism. *Adv. Nutr.* 4, 246–256.
- [56] Morgan, R.E. (2013): Does consumption of high-fructose corn syrup beverages cause obesity in children? *Pediatric Obesity*, 8, 249–254.
- [57] DiNicolantonio, J.J., O’Keefe, J.H., Lucan, S.C. (2015): Added Fructose: A Principal Driver of Type 2 Diabetes Mellitus and Its Consequences. *Mayo Clin. Proc.* DOI: 10.1016/j.mayocp.2014.12.019
- [58] Khitan, Z., Kim, D.H. (2013): Fructose: A Key Factor in the Development of Metabolic Syndrome and Hypertension. *J. Nutrition and Metabolism*, DOI: 10.1155/2013/682673
- [59] Johnson, R.J., Murray, R. (2010): Fructose, Exercise, and Health. *Current Sports Medicine Report*, 9, 233–241.
- [60] Alberti, K.G.M.M., Eckel, R.H., Grundy, S.M. et al. (2009): Harmonizing the Metabolic Syndrome. *Circulation*, 120, 1640–1645.
- [61] Stanhope, K.L., Schwarz, J.M., Keim, N.L. et al. (2009): Consuming fructose-sweetened, not glucose-sweetened, beverages increases visceral adiposity and lipids and decreases insulin sensitivity in overweight/obese humans. *J. Clin. Investigation*, 119, 1322–1334.
- [62] Rizkalla, S.W. (2010): Health implications of fructose consumption: A review of recent data. *Nutrition & Metabolism*, 7:82, DOI: 10.1186/1743-7075-7-82
- [63] Rosset, R., Surowska, A., Tappy, L. (2016): Pathogenesis of Cardiovascular and Metabolic Diseases: Are Fructose-Containing Sugars More Involved Than Other Dietary Calories? *Curr. Hypertens. Rep.* 18:44, DOI: 10.1007/s11906-016-0652-7
- [64] Zawiasa, A., Nowicki, M. (2013): Acute effects of fructose consumption on uric acid and plasma lipids in patients with impaired renal function. *Metabolism*, DOI: 10.1016/j.metabol.2013.05.020
- [65] Busko, M. (2015): Added Sweeteners in Processed Foods Tied to Diabetes. *Medscape*, www.medscape.com/viewarticle/838906, January 29, 2015.
- [66] Sievenpiper, J.L., Chiavaroli, L., de Souza, R.J. et al. (2012): ‘Catalytic’ doses of fructose may benefit glycaemic control without harming cardiometabolic risk factors: a small meta-analysis of randomised controlled feeding trials. *British J. Nutrition*, 108, 418–423.
- [67] Goodman B. (2012): High-Fructose Corn Syrup Linked to Diabetes , High-Fructose Corn Syrup Linked to Diabetes. *WebMD*, <https://www.webmd.com/diabetes/news/20121127/high-fructose-corn-syrup>, November 27, 2012.
- [68] University of Southern California (2012): Study finds high fructose corn syrup-global prevalence of diabetes link. <https://medicalxpress.com/news/2012-11-high-fructose-corn-syrup-global-prevalence>, 27 November 2012 and 02 January 2018.
- [69] USDA (2008): Report 3 of the Council On Science and Public Health (A-08); The Health Effects of High Fructose Syrup (Resolution 407, A-07). <https://www.ama-assn.org/sites/default/files/media-browser/public/about-ama/councils/Council%20Reports/council-on-science-public-health/a08-csaph-high-fructose-syrup.pdf>
- [70] Johnson, R.J., Nakagawa, T., Sanchez-Lozada, L.G. et al. (2013): Sugar, Uric Acid, and the Etiology of Diabetes and Obesity. *Diabetes*, 62, 3307–3315.
- [71] Kelishadi, R., Mansourian, M., Heidari-Beni, M. (2014): Association of fructose consumption and components of metabolic syndrome in human studies: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition*, 30, 503–510.
- [72] Böhles, H. (1999): Hereditäre Fruktoseintoleranz. In: *Ernährungsmedizin* (Szerk.: Bieselski, H-K., Fürst, P., Kasper, K et al.) Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp. 442–443.
- [73] Lecturio Medical Online Library (2017): Essential Fructosemia and Fructosuria, Hereditary Fructose Intolerance, Intestinal Fructose Intolerance. <https://www.lecturio.de/magazin/fructose/#die-essentielle-fructosamie-und-fructosurie>, 1 February 2017.
- [74] Port, A.M., Ruth, M.R., Istfan N.W. (2012): Fructose consumption and cancer: is there a connection? *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* 19, 367–374.
- [75] Liu, H., Heaney, A.P. (2011): Refined fructose and cancer. *Expert Opin. Ther. Targets*, 15, 1049–59.
- [76] Feuerbach, L., A. (1863): Spiritualität und Materialismus. In: Reitemeyer, U., Shibata, T., Tomasoni, F. (2006): Ludwig Feuerbach (1804-1872) Identität und Pluralismus in der globalen Gesellschaft Waxman Verlag GmbH, Münster, New York, München, Berlin 2006.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Szedljak Ildikó¹, Kujbus Vanda Réka²

Érkezett: 2017. június – Elfogadva: 2017. december

Pszeudocereália alkalmazási lehetőségei a termékfejlesztésben

Kulcsszavak: amarant, hajdina, adalékanyag mellőzése, fűszerkeverékek, antioxidáns hatás, érzékszervi vizsgálat, vízaktivitás, tárolási kísérlet, reológia

1. Összefoglalás

Kutatásunk során sütőipari termékfejlesztéssel kísérleteztünk. Célunk egy táplálkozás-élettani szempontból kedvező, antioxidánsokban gazdag termék létrehozása és kémiai vizsgálata volt. Kísérleteink alatt BL55 búzafinomliszt, amaránt és hajdinalisztek különböző keverési arányaival állítottunk elő sütőipari termékeket.

A hajdina és az amaránt fogyasztása nem terjedt el széleskörűen a magyar fogyasztók körében. Ízük a fogyasztók számára idegen lehet, ami visszautasításra adhat okot. Ezért a termékek érzékszervi tulajdonságait különböző fűszerekkel igyekeztünk kedvezőbbé tenni a fogyasztók számára. A fűszerek hozzáadásával a késztermékek antioxidáns-kapacitását is növelni tudtuk.

Magas polifenolos komponens-, vitamin- és ásványianyag-tartalmuknak köszönhetően a hajdina és az amaránt köztudottan kedvező élettani hatású. Lisztte őrölt formában a mindennapi konyhatechnikai és sütőipari gyakorlatban használhatók. Ugyanakkor – mivel glutént nem tartalmaznak – a lisztjükből készített tészták mechanikai tulajdonságai jóval gyengébbek, mint ami a gabonából előállított termékekre jellemző. A sütőipari tulajdonságok javítására a sütőipar hidrokolloidok alkalmazása mellett nagy mennyiségben használ fel különböző élelmiszeripari adalékanyagokat. Ezek az adalékanyagok azonban az arra érzékeny egyéneknél ellenreakciót válthatnak ki, de az „egészségtudatos” fogyasztók sem szívesen fogadják az ilyen adalékanyagokkal készített élelmiszereket. Ennek okán termékfejlesztésünk során az ilyen összetevők használatát mellőztük.

Kísérleteink során snack termékek kifejlesztésére fektettünk hangsúlyt, mivel a magyar fogyasztók szívesen esznek snack típusú élelmiszereket. Készítményeinkkel tárolási kísérleteket végeztünk, közben FRAP módszerrel antioxidáns tulajdonságaikat is vizsgáltuk. Ezenkívül mértük a termékek vízaktivitását, nedvességtartalmát, valamint reológiai tulajdonságait.

Kísérleti termékeink nemcsak érzékszervileg, hanem kémiai paramétereit tekintve is kedvező tulajdonságokkal rendelkeztek. A sütés hatására emelkedett a vízdoldható antioxidánsok kapacitása, a fűszerek alkalmazása pedig a pszeudocereália jellegzetes ízére voltak kedvező érzékszervi hatással. Tárolási kísérlettel igazoltuk, hogy a termékek több napon keresztül is fogyaszthatók. A fűszerek az ízhatás javítása mellett, antimikrobás tulajdonságaiknak köszönhetően növelhetik a termék eltarthatósági idejét.

2. Bevezetés

A gabonaalapú termékek és a gabona magvak, reggelire, tízórára vagy az uzsonna részeként fogyaszt-

va biztosítják a szervezet számára a hasznos kémiai anyagok, a különböző rostok és egyéb vegyületek napi ideális mennyiségének bevitelét. Ezért a gabonafélék naponta többszöri fogyasztása ajánlott [1] [2].

¹ Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Gabona- és Iparinövény Technológia Tanszék

² University of Copenhagen, Faculty of Science

Manapság egyre nagyobb a jelentősége annak, hogy a néptáplálkozásban felhasznált uralkodó gabonafélék, többek közt a búza, kukorica és a rizs mellett egyéb gabonafélék, pszeudocereália felhasználásával készítsük, egészítsük ki gabonaételeinket [3].

Az amaránt és a hajdina kiváló táplálkozás élettani hatásokkal rendelkeznek, ezáltal a modern élelmiszer-feldolgozás során értékes alapanyagként vagy adalékanyagként használhatók, ezáltal javítva az élelmiszer textúráját, az érzékszervi tulajdonságait és tápértékét [4].

Az amaránt fő szénhidrát összetevője a keményítő. Egyéb gabonafélékkel ellentétben az amaránt keményítője kiváló fagyási-olvasadási és retrogradációs stabilitással rendelkezik, magasabb hőmérsékleten képez gél, nagyobb viszkozitású, vízkötő képessége magas. Vízoldékonysága és duzzadási képessége szintén kimagasló [5]. Az amaránt további szénhidrát-összetevői mono- és diszacharidok kis mennyiségben vannak jelen a növényben. Hozzávetőleges mennyiségük: szacharóz: 0,6g/100g, galaktóz: 0,38g/100g, glükóz és fruktóz együttesen: 0,14g/100g. A rosttartalom 19-50% között fajtánként változik [6].

Az amaránt szénhidráttartalma táplálkozás-élettanilag kedvező. Jelentősége azonban fehérjetartalmában rejlik [7]. Az amaránt- és a szójafehérjék összehasonlítására irányuló korai kísérletek kimutatták, hogy az amaránt fehérjei jobb oldódási, habképzési és emulgeáló tulajdonságokkal rendelkeznek [8]. Magas fehérjeoldódási képessége funkcionális élelmiszerek gyártására is alkalmassá teszi [9]. A különböző, amaránt-fajtákban található esszenciális aminosavak közül a magvak lizintartalma magas, ami az izom építésében és regenerációjában játszik szerepet. Az amarántmag lisztje a búzalisztnél kétszer-háromszor több lizint, arginint, triptofánt és kén-tartalmú aminosavat tartalmaz [10].

A hajdina legfőbb összetevője a keményítő, ami a mag szárazanyag-tartalmának több, mint 70%-át teszi ki [11]. A hajdina keményítőjében az amilóz/amilopektin arány 1:1. Ebből a szempontból a hajdinak-

eményítő különbözik a gabonakeményítőtől, inkább a magas amilóz tartalmú kukoricára hasonlít. A hajdina keményítője magasabb hőmérsékleten képez gél, viszkozitása nagyobb, mint a gabonaféléké, ami a glükán jelenlétével magyarázható [12].

A hajdina keményítőjének 33-37%-a rezisztens keményítő [13], ezért jól használható alacsony glikémiás indexű élelmiszerek fejlesztéséhez. A hőkezelési folyamatok (pl. főzés, szárítás 110 °C-on) hatására mennyisége azonban ~7%-ra csökken [14].

Rosttartalma a hagyományos liszthez képest jelentős, 100 g termékre vonatkoztatva 25,7 g, míg a búzalisztben ez az érték csupán 11,71 g. Mivel a hajdina szénhidrát összetevői lassan szívódnak fel, a hajdinával készített élelmiszerek fogyasztásakor a búzalisztből készült termékekhez képest vércukorszint lassabban és kevésbé emelkedik (glikémiás indexe ~50-59).

A hajdina fehérjetartalma fajta és környezetfüggő, általában 7-21%. A legáltalánosabban termesztett fajták magvai 11-15% fehérjét tartalmaznak.

A hajdina kedvező táplálkozás élettani hatásokkal rendelkezik. A hajdina fehérjei csökkentik a vesekő kialakulását, és hatékonyabban csökkentik a koleszterinszintet mint a szójafehérjék [15]. E fehérjék a vastagbélrák kialakulásának kockázatát is csökkentik, mivel gátolják a bélfal sejteinek korlátlan szaporodását [16]. A hajdina jótékony hatásainak kialakulásához annak élelmi rosttartalma is hozzájárul. Mivel a hajdinaliszt nem tartalmaz sikkertőző fehérjét, nem készíthető belőle laza szerkezetű sütőipari termék [17].

A hajdina és az amaránt jellegzetes íze a fogyasztók körében ellenérzést válthat ki. Ízhatásuk azonban fűszerek hozzáadásával javítható. Bizonyos fűszerek emésztést stimuláló, szélhajtó, gyulladásgátló, rák-megelőző hatása ismeretes. A fűszer- és gyógynövények – mint intakt termékek – aktív komponenseinek kutatása is folyamatosan zajlik [18]. A hajdina és amaránt lisztjeihez adható fűszerek számos polifenol típusú vegyület forrásai lehetnek [19]. A fűszerek ket-

pacitásukon kívül antimikróbás hatással is rendelkeznek, ami növelheti a termék eltarthatósági idejét [21].

Egy termék elkészítése során különböző főzési folyamatok alatt végbemenő változásoknak van kitéve. Ezek a folyamatok potenciálisan megváltoztathatják a terméknek a fogyasztók számára is elérhető antioxidáns tartalmát [20]. Chohan és munkatársai kimutatták, hogy a növényi alapú élelmiszerek antioxidáns kapacitása a különböző konyhatechnikai műveletek során akár pozitív, akár negatív irányban változhat, de akár változatlan is maradhat [22].

Az antioxidánsok főzés után tapasztalható kémiai viselkedése azok molekulaszervezetével hozható kapcsolatba. Az aktív polifenolos flavonoidok például hőrezisztensebbek mint a vitaminok és rokonvegyületeik. Ezen felül sütés során újabb antioxidánsok vagy fenolos komponensek is keletkezhetnek, aminek következtében megemelkedhet az antioxidáns potenciál a kiindulási anyagok szintjéhez képest [20].

Kísérleteink során hajdina-, valamint amarántliszttel dúsított búzaliszt alapú, valamint megfelelő érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező snack termék kifejlesztésére törekedtünk. Ennek érdekében meghatároztuk a helyes lisztkeverési arányt és sütési módot, valamint megvizsgáltuk, hogyan változik az alapanyagok, valamint a késztermékek antioxidáns kapacitása a különböző keverési arányok és sütés hatására. Az érzékszervi jellemzők javításának céljából különböző fajtájú fűszer- és fűszerkombinációkat alkalmaztunk, majd vizsgáltuk, hogy a fűszer jelenléte eredményez-e bármilyen egyéb paraméterváltozást a készítés során. Továbbá nyomon követtük a késztermékben lejátszódó reológiai folyamatokat, a nedvességtartalom- és vízáktivitásbeli változásokat tárolás hatására.

3. Anyag és módszer

Munkánk során kereskedelmi forgalomban kapható őrölt fűszerkeveréket (SPAR), őrölt rozmaringot (Le Gusto), őrölt fehérborsot (Kotányi), bazsalikomot és majorannát (Horváth Rozsi), fűszerkeveréket (Vegeta Naturella fűszerkeverék), 2,8%-os zsírtartalmú tejet (Magyar Tej), teavaját (Magyar vaj), konyhasót, BL55-ös búzalisztet (Gyermelyi BL55), valamint kereskedelmi forgalomban kapható hajdinalisztet (Glutenex) és amarántlisztet (Szarlat) használtunk.

Kísérleteink során vizsgáltuk a fűszerek, lisztkeverékek antioxidáns kapacitását, majd az eredmények alapján kialakítottuk a receptúrát. Vizsgáltuk az így keletkezett nyerstészták, valamint a belőlük készült késztermékek antioxidáns kapacitását. A termékek kisütéséhez Hauser ST-637 gofrisütőt használtuk ötös fokozaton. A sütési időt hat percben határoztuk meg.

Az antioxidáns kapacitás méréséhez a mintákat homogenizáltuk, majd 0,10 g/ml desztillált víz hozzáadása után 15 percen keresztül centrifugáltuk (Hermle Z 100M) 10.000 fordulatszámon.

A vizsgálatokhoz BL55 búzalisztből, amarántlisztből, hajdinalisztből, lisztkeverékekből, őrölt rozmaringból, őrölt fűszerkeverékből, őrölt fehérborsból, őrölt bazsalikomból, őrölt majorannából, fűszerkeverékből, valamint az érzékszervi megfigyelésnek minősített késztermékekből készítettünk kivonatokat.

Az antioxidáns kapacitás meghatározására FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszert alkalmaztunk [23]. A méréseket 593 nm-en végeztük, Rayleigh UV-1800 spektrofotométerrel.

A késztermékek tárolási kísérleteihez kereskedelmi forgalomban kapható fém dobozt használtunk. A mintákat 72 órán keresztül tároltuk szobahőmérsékleten. Ez idő alatt mértük a termékek nedvességtartalmát (Sartorius MA 100), vízáktivitását (Novasina ms1-aw), valamint reológiai tulajdonságait. A reológiai tulajdonságok vizsgálatához deformációs penetrációs módszert alkalmaztunk a késztermék elkészülte után 0, 24, 48 és 72 órával (TA.XT2i Texture Analyzer). A mérésekhez 1 mm átmérőjű tűfejet használtunk. A tű behatolási sebessége 0,5 mm/s, a tű által megtett távolság 4 mm volt.

A késztermékeken a Szent István Egyetem hallgatóinak segítségével érzékszervi vizsgálatot is végeztünk. A leíró, 20 pontos súlyozófaktoros vizsgálatokat az MSZ 20501-2:1989 1.3.1.2. pontja alapján végeztük saját kísérletsorozatainkhoz.

Munkánkat a Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Kar, Gabona és Iparinövény Technológia Tanszékén folytattuk.

A felhasznált lisztek keverési aránya az 1. táblázatban látható.

1. táblázat: A lisztek keverési aránya
Table 1 Blending ratio of flours

30% Hajdinaliszt/Buckwheat flour	70% BL55 búzaliszt/BL55 wheat flour
50% Hajdinaliszt/Buckwheat flour	50% BL55 búzaliszt/BL55 wheat flour
30% Amarántliszt/Amaranth flour	70% BL55 búzaliszt/BL55 wheat flour
50% Amarántliszt/Amaranth flour	50% BL55 búzaliszt/BL55 wheat flour



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Pixabay

Sütés során az alapanyagokat összegyűrtük, majd a konyhai tésztagép (Tescoma DELICIA) hengerei között, 1-es fokozaton egyszer kinyújtottuk. Kontroll-mintaként pszeudocereáliától mentes BL 55-ös búzalisztet használtuk. A végső receptúrát a **2. táblázat** szemlélteti.

Mivel a receptúra nem tartalmaz eltarthatóságot növelő adalékanyagokat, feltevéseink szerint a minták három napnál hosszabb ideig nem őriznék meg eredeti állapotukat. A feltevések igazolásához nyomon követtük a minták nedvességtartalom-, vízkaktivitás- és keménység változását.

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelését (kétmintás t-próba, egytényezős varianciaanalízis, kéttényezős ismétléses varianciaanalízis) az SPSS 15.0 for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA) segítségével értékeltük ki. A választott szignifikanciaszint min $p \leq 0,005$ volt.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Fűszerkivonatok antioxidáns kapacitása

A snacktermék gyártáshoz kiválasztott őrölt fűszerek antioxidáns kapacitását az **1. ábra** mutatja.

Az ábrán jól láthatóan a rozmaring mutatott kiemelkedően magas, 615,32 mg AS/100g szárazanyag értéket a többi fűszerhez képest. Íz tekintetében azonban

kedvezőtlenül hatott a késztermékre, ezért a rozmaringot nem illesztettük be a receptúrákba.

A kömény, bazsalikom és majoránna fűszerek esetében megállapítható, hogy az antioxidáns kapacitás nem különbözik szignifikánsan egymástól ($p > 0,05$), azonban a kömény kedvező hatással volt a késztermék ízérzetére, ezért ezt a fűszert a receptúrákban szerepeltettük. A fűszerkeverék a fűszerköményhez képest alacsonyabb antioxidáns kapacitás értéket mutatott, azonban a késztermék íz jellemzőire kedvező hatással volt. Így a keveréket a receptúrákba illesztettük.

A fehérbors antioxidáns kapacitása meglehetősen alacsony volt, 17,31 mg AS/100g szárazanyag, ezért a liszthez keverve inkább annak érzékszervi tulajdonságaira lehet kedvező hatással, mintsem a beltartalmi értékek emelésében, ezért ezt a fűszert sem alkalmaztuk a receptúrában.

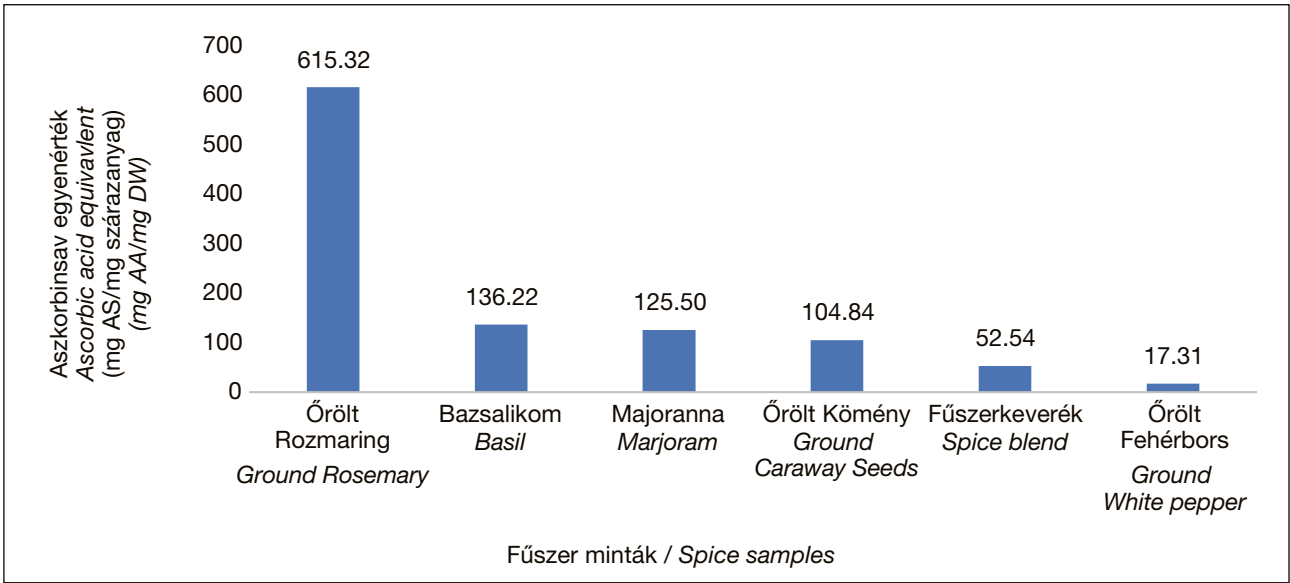
4.2. Lisztek- és keverékeik antioxidáns kapacitása

A **2. ábra** a hajdina- és amarántliszttel különböző arányban kevert búzaliszt antioxidáns kapacitását szemlélteti.

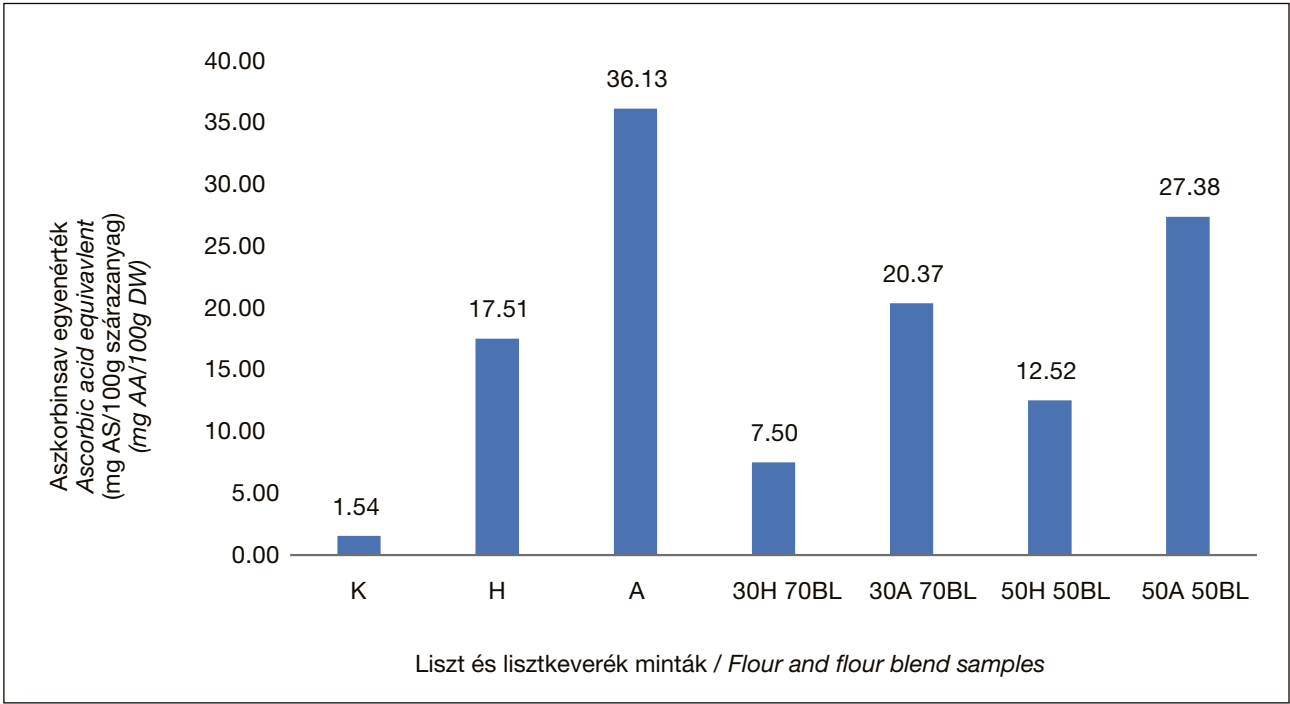
A **2. ábra** alapján elmondható, hogy a hajdina liszt frakcióra vonatkoztatva már 30%-os keverési arányban is jelentősen javít a búzaliszt eredeti, 1,5 mg AS/100g szárazanyag antioxidáns kapacitásán,

7,50 mg AS/100g szárazanyag-tartalomra növelve azt. 50%-os adagolási arányban pedig már megközelíti a hajdinaliszt eredeti, 17,51 mg AS/100g szárazanyag antioxidáns kapacitását. Amarántliszt alkalmazása esetében is láthatóan egyenes arányban nő a keverékek értékes komponens tartalma a keverék amaránttartalmával. 30% keverési arány mellett

20,37 mg AS/100g szárazanyag, 50%-os keverési arány mellett 27,38 mg AS/100g szárazanyag értékre nőtt. A végső receptúrában a kedvezőbb antioxidáns kapacitású, 50-50%-os keverési arányt alkalmaztuk mindkét pszeudocereália-liszt esetében.



1. ábra: Fűszerek vízoldható antioxidáns kapacitása
Figure 1 Water-soluble antioxidant capacity of spices



KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt / Control 100% BL55 wheat flour ; A= 100% Amarántliszt/100% Amaranth flour
30H 70BL = 30% Hajdinaliszt + 70% BL55 búzaliszt / 30% Buckwheat flour + 70% BL55 wheat flour
30A 70BL = 30% Amarántliszt + 70% BL55 búzaliszt / 30% Amaranth flour + 70% BL55 wheat flour
50H 50BL = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt / 50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour
50A 50BL = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt / 50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour

2. ábra: A pszeudocereáliával való dúsítás hatása a lisztkeverékek vízoldható antioxidáns kapacitására.
Figure 2 The effect of pseudocereal flour enrichment on the flour blends' water-soluble antioxidant capacity.

2. táblázat: Az alkalmazott receptúra
Table 2 Applied snack formulations

Snack fajtája Type of snack	BL55 búzaliszt BL 55 wheat flour (g)	Pszeudocereália liszt Pseudocereal flour (g)	Vaj Butter (g)	Tojás Eggs (g)	Tej Milk (ml)	Só Salt (g)	Fűszerek Spices (0.45g)
KON	30	-	5.5	3.5	10	0.5	-
HK	15	15	5.5	3.5	10	0.5	Őrölt Fűszerkömény Ground caraway seeds
HKev	15	15	5.5	3.5	10	0.5	Fűszerkeverék Spice blend
AK	15	15	5.5	3.5	10	0.5	Őrölt Fűszerkömény Ground caraway seeds
AKev	15	15	5.5	3.5	10	0.5	Fűszerkeverék Spice blend

KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt / Control 100% BL55 wheat flour ; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény / 50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground caraway seeds ; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék / 50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend ; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény / 50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground caraway seeds ; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék / 50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend

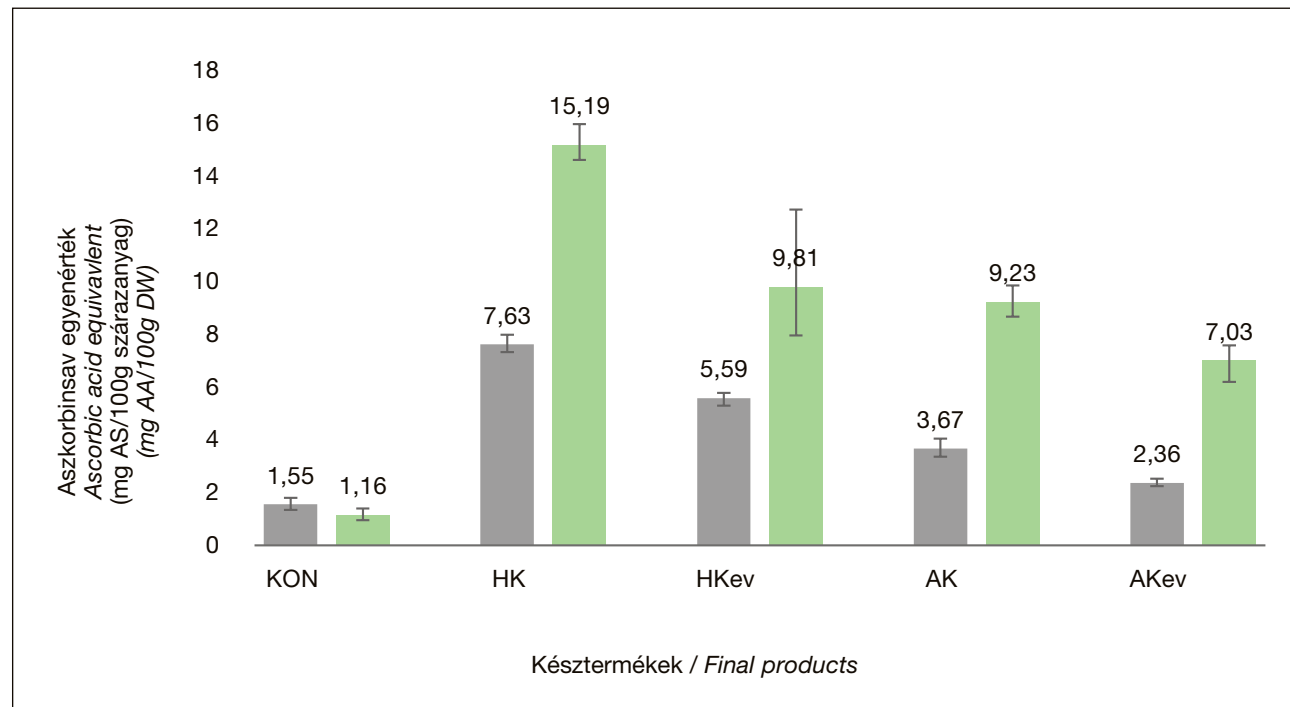
4.3. Sütési eredmények

A sütés antioxidáns kapacitásra gyakorolt hatását a **3. ábra** mutatja.

Eredményeink alapján elmondható, hogy a sütés hatására a termékek antioxidáns kapacitása növekvő tendenciát mutat. Ennek feltételezett oka az, hogy az egyes vegyületek és különböző ligandumok közti kötések megsemmisülnek, ezáltal növelve azok biológiai hasznosíthatóságát [24]. Esetünkben az antioxidáns hatású komponensek eredeti állapotukban fehérjékhez kötött állapotban vannak jelen, és a sütés hatására, a fehérjék denaturációja révén, a vegyületek felszabadulhatnak [25].

Elképzelhető, hogy hő hatására az antioxidáns hatású, vízben oldhatatlan komponensek vízben oldhatóvá alakulhattak, ezzel növelve a vízben oldható komponensek antioxidáns kapacitását a sütésnek alávetett termékekben.

Ezt a fajta növekedést nem tapasztaltuk a fűszer nélküli, valamint a kontroll termékek esetében. Lehetséges, hogy ezekben az esetekben a fűszer jelenléte is hatással van a termék antioxidáns kapacitására. Legmagasabb értéket, 15,19 mg AS/100g szárazanyag, a hajdinaliszttel és őrölt fűszerköménnyel dúsított termék ért el, legalacsonyabbat, 7,03 mg AS/100g szárazanyag, az amarántliszttel és fűszerkeverékkel dúsított termék mutatott.



Sütés előtt/Before baking – Sütés után/After baking

KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt / Control 100% BL55 wheat flour ; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend ; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice

3. ábra: Késztermékek antioxidáns kapacitása sütés előtt és után
Figure 3 Water-soluble antioxidant capacity of the finished products before and after baking

4.4. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi bírálat eredményeit a **3. táblázatban** foglaltuk össze. A termékek súlyozott összpontszámát tekintve nem különböztek egymástól szignifikánsan. Összességében elmondható a magas pontszámok alapján (>15), hogy a bírálók minden terméket megfelelőnek ítélték. A hajdinával dúsított lisztkeverékből készült termékek összesített eredményei kedvezőbbek a kontrollénál, ugyanakkor a különbség elhanyagolható. Az amarántliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek kevesebb pontszámot értek el, de a különbség statisztikai szempontból szintén irreleváns.

4.5. Nedvességtartalom és vízaktivitás

A késztermékek tárolása során bekövetkező nedvességtartalom- és vízaktivitás változást a **4. és az 5. ábra** szemlélteti. Észrevehető, hogy a kettő – rokonítható – jellemző összefüggésben van egymással, hiszen a nedvességtartalom hasonló módon változott, mint a vízaktivitás.

Összességében megállapítható, hogy az első napon még jól látható a különbség a termékek nedvességtartalma között, azonban a napok múlásával a különbség egyre nagyobb mértékben csökkenni kezdett, a vízaktivitási értékek pedig kiegyenlítődték.

A termékek a tárolóedényekben csaknem teljesen kitöltötték a rendelkezésükre álló teret, ezáltal egyfajta

kiegyenlítődési folyamat játszódott le a különböző nedvességtartalmú termékek között.

A mérés kezdeti szakaszában legmagasabb nedvességtartalommal (10,11%), a kontroll termék rendelkezett. A legalacsonyabb értéket az amarántliszttel és fűszerkeverékkel dúsított lisztkeverékből készült termék esetében mértük (2,04%). A tapasztalt különbség azonban a tárolási idő végére fokozatosan

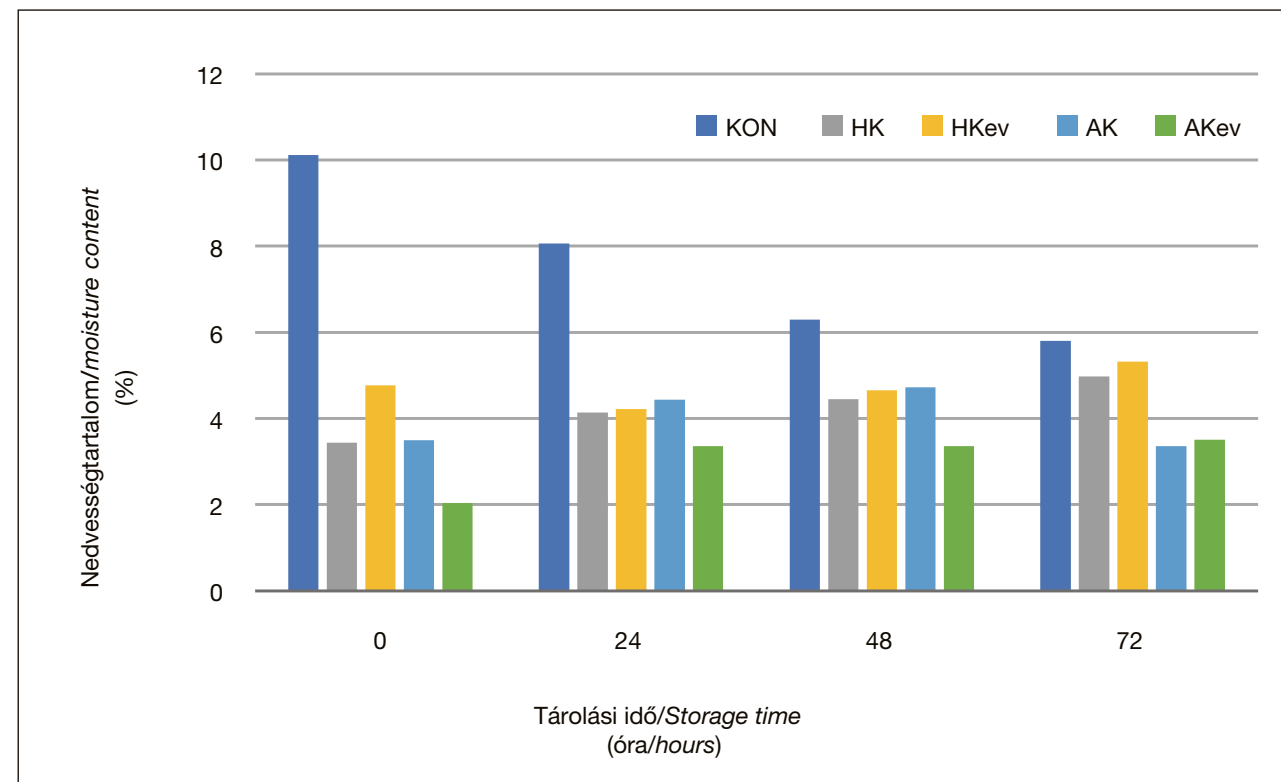
csökkenni kezdett. Az amarántliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek nedvességtartalma ugyan nőtt a tárolás végén, ennek ellenére folyamatosan ezek a termékek rendelkeztek a legalacsonyabb értékkel (3,36%, valamint 3,5%).

A termékek mikrobiológiai szempontból biztonságosnak mondhatók, hiszen a mikroorganizmusok 0,6-os vízaktivitási érték alatt nem képesek élettevékeny-

3. táblázat: Érzékszervi bírálat eredményei
Table 3 Sensory analysis results

	KON	HK	HKev	AK	AKev
Súlyozott pontszám Weighted score (max. 20)	16.8 ±0.13	17.4±0.09	17.7±0.3	15.9±0.11	16.3±0.15

KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt/Control 100% BL55 wheat flour ; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend ; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend



KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt / Control 100% BL55 wheat flour ; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény / 50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék / 50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend ; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + őrölt kömény / 50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds ; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék / 50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend

4. ábra: A késztermékek nedvességtartalom változása a tárolás során
Figure 4 Changes in moisture content of the final products throughout storage time

séget folytatni [26], és a kontroll termék kivételével (0,88) valamennyi pszeudocereáliával dúsított termék vízakтивitása már a mintavétel kezdeti pontjában is ez alatt az érték alatt maradt.

4.6. Reológiai vizsgálatok

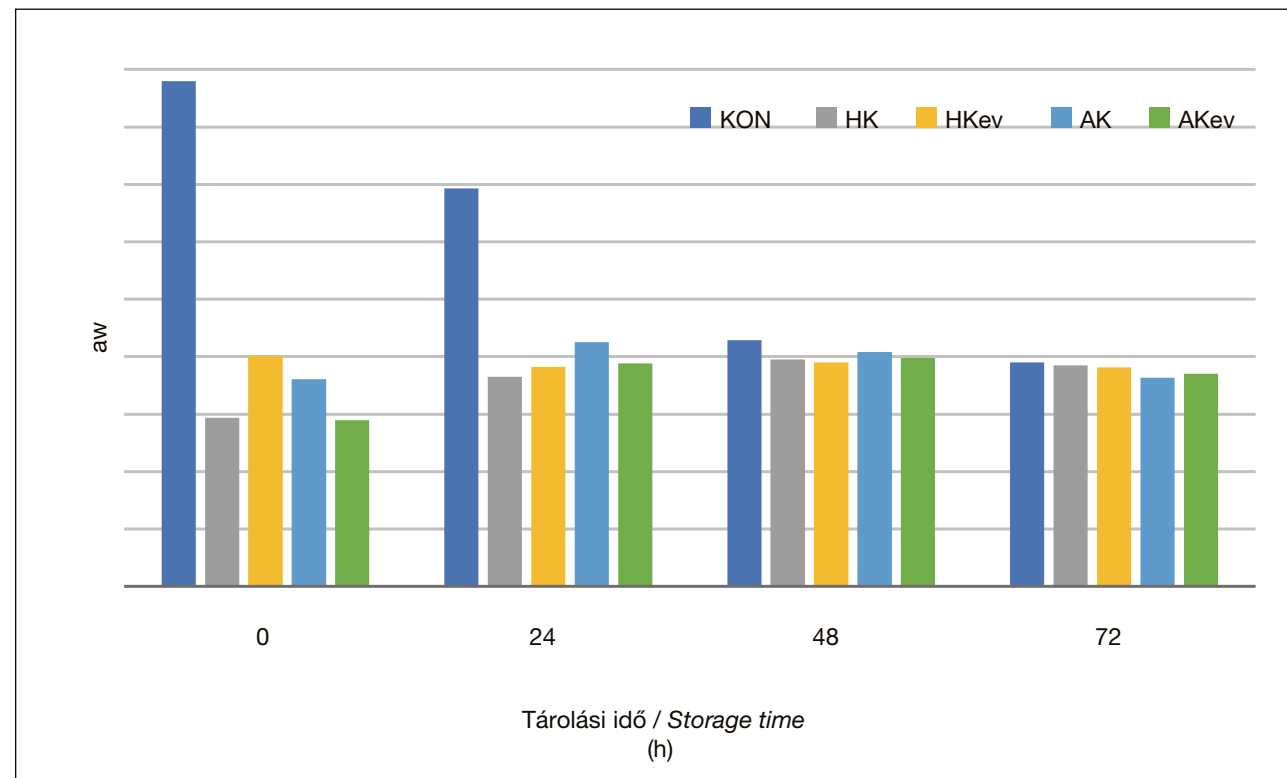
A mérések során a tárolási idő és a késztermékek terhelhetősége között fennálló összefüggéseket is vizsgáltuk. Az értékeléshez a termékek terhelhetőségét a tárolás során két tényező mérésével analizáltunk. A terhelési erőt 1,5 mm-es mélységben (6. ábra) határoztuk meg, mivel a termékek felső rétege ebben a tartományban még homogénnek mondható. Ezen felül a késztermékek torzulását eredményező maximális terhelhetőségi erőt is meghatároztuk (7. ábra).

Az 1,5 mm-en mért terhelési erő esetében az amarántliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek keményebbnek bizonyultak a hajdinaliszttel dúsított lisztkeverékből készült, valamint a kontroll termékekénél ($p < 0,05$). Előbbi termék alakjának deformációja 1986 g (19,5 N), utóbbi 1529 g (15,0 N), valamint 1089 g (10,7 N) terhelési erő mellett következett be. Ezt igazolta a sütés után tapasztalt jelenség is, miszerint a pszeudocereália-liszttel dúsított lisztkeve-

rékből készült termékek ropogósabbra sütek, mint a kontroll. Ez a tendencia a tárolási kísérlet végéig megfigyelhető volt. Az amarántliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek esetében 1801 g (17,7 N), valamint 1318 g (12,9 N) a kontroll és a hajdinaliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek esetében 1088 g (10,7 N), valamint 1279 g (12,5 N) terhelési erő volt szükséges a termékek deformálásához.

Megállapítottuk, hogy a frissen készült termékekben a fűszer jelenléte nem befolyásolta a minták keménységét ($p > 0,05$).

Hasonló eredmények figyelhetők meg a késztermékeket ért legnagyobb terhelési erő esetében is. Az amarántliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek deformálásához nagyobb erő kifejtésére (3925 g – 38,5 N) volt szükség, mint a kontroll (1693 g – 16,6 N), illetve a hajdinaliszttel dúsított lisztkeverékből készült termékek esetében (3131 g – 30,7 N) ($p < 0,05$). A tárolási kísérlet időtartama alatt nem mutattunk ki egységes tendenciát sem a termékek keményedését, sem puhulását illetően. A reológiai jellemzők tekintetében a tárolás során bekövetkezett nedvességtartalom változásából is adódhat eltérés.



KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt/Control 100% BL55 wheat flour; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Örlött Kömény/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Örlött Kömény/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend

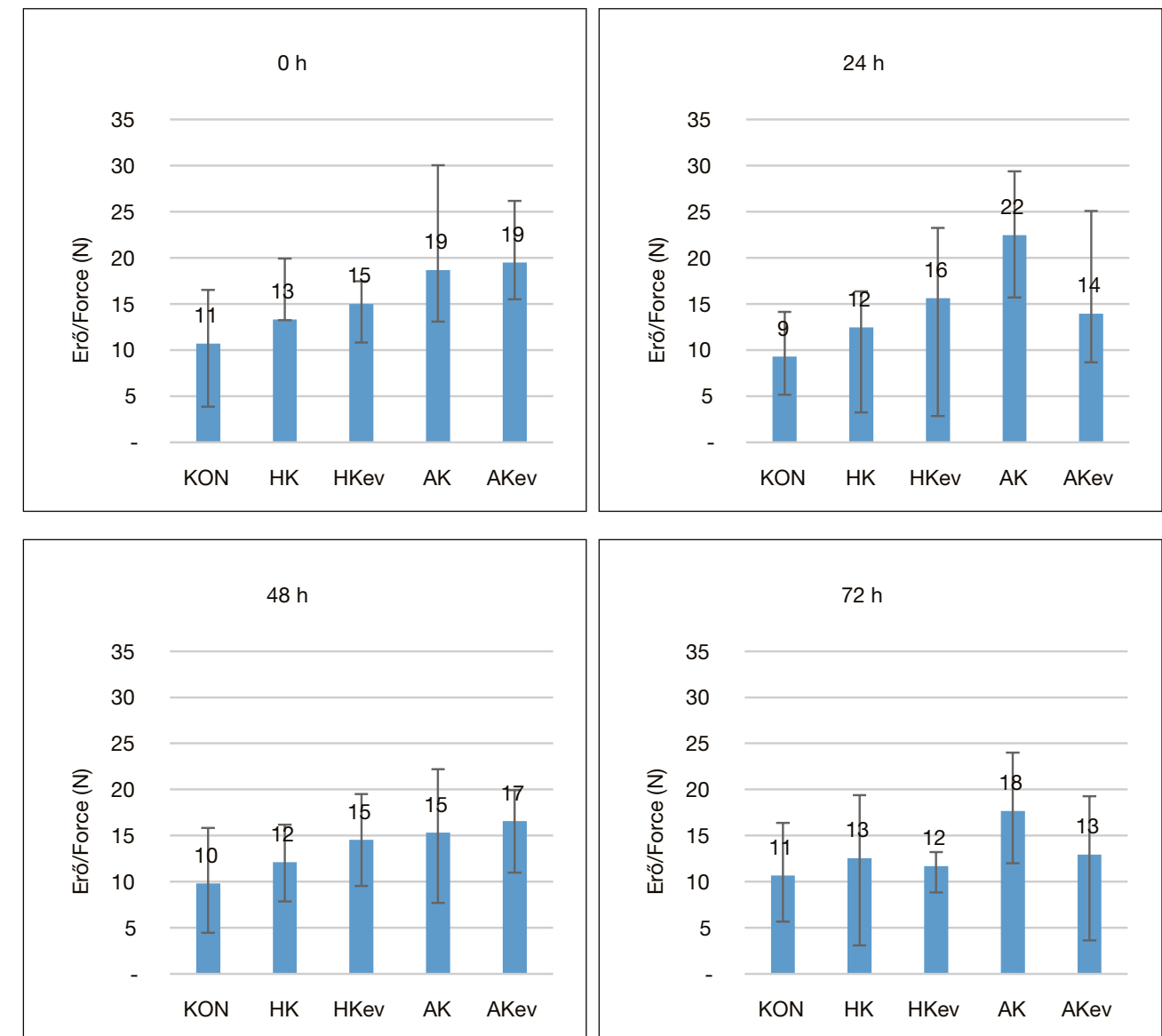
5. ábra: A késztermékek vízakтивitás változása a tárolás során
Figure 5 Changes in the water activity of the finished products during storage

5. Következtetések

Munkánk során sütőipari termékek fejlesztésével foglalkoztunk. Célunk antioxidánsokban gazdag sütőipari termékek készítése volt pszeudocereália felhasználásával. A kifejlesztett termékek tárolási kísérletét is terveztük, amelynek során azok beltartalmi jellemzőit is mérni szándékoztunk. A hajdina és az amaránt magas polifenolos komponens- vitamin- és ásványi anyag tartalmuknak köszönhetően kedvező élettani hatásokkal rendelkeznek. Lisztte őrlött formában beépíthetők mindennapjaink konyhatechnikájába és a sütőipari gyakorlatba is. Ezek a lisztkeverékek azonban nem tartalmaznak glutént, ezért búzaliszthez keverve jelentősen lerontják annak tésztafejtési tulajdonságait. E tulajdonságok javítására a sütőipar

hidrokolloidok alkalmazása mellett különböző élelmiszeripari adalékanyagokat használ fel, többnyire nagy mennyiségben, de ezek az adalékanyagok ellenreakciót válthatnak ki az arra érzékeny egyének anyagcseréjében. Ezen túlmenően az „egészségtudatos” fogyasztói réteg sem szívesen fogadja az ilyen adalékanyagokkal előállított élelmiszereket. Ennek okán arra törekedtünk, hogy a fentebb említett adalékanyagokat mellőzzük az általunk tervezett termékek összetevőinek listájából.

A sütés (hőkezelés) az általunk összeállított lisztkeverékekben alkalmazott összetevőkben található vízdoldható vegyületek antioxidáns kapacitására kedvezően hatott. A pszeudocereália komponensek kellemetlen ízének elnyomására, a termékek érzék-



KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt/Control 100% BL55 wheat flour; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Örlött Kömény/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Örlött Kömény/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend

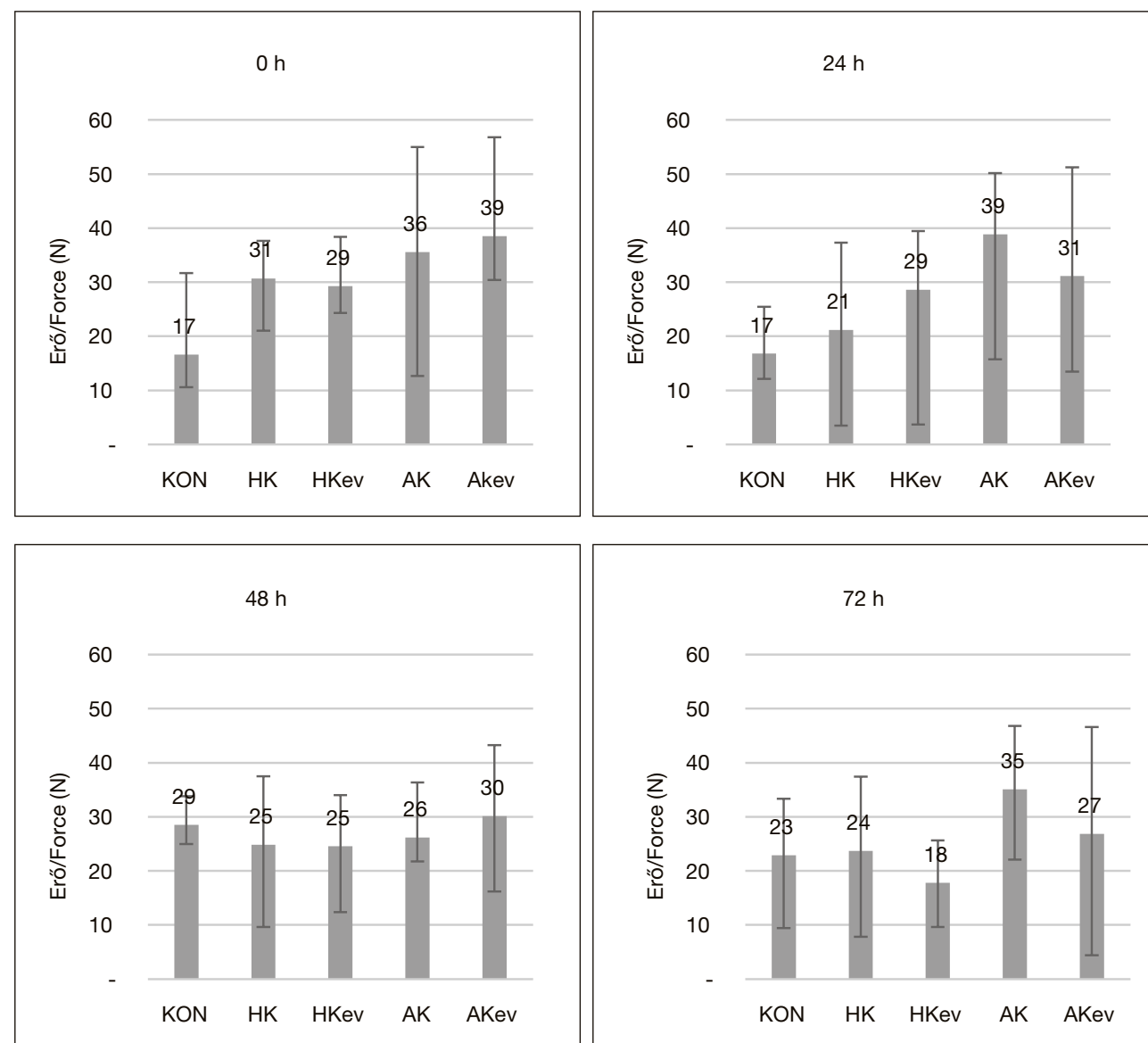
6. ábra: A késztermékeket ért terhelési erő 1,5 mm-en mért változása a tárolás során
Figure 6 Changes in the loading force detected in the finished product at a depth of 1.5 mm during storage

szervi tulajdonságainak javítására fűszereket használtunk. Tárolási kísérlettel igazoltuk, hogy az általunk kifejlesztett termékek 72 órán keresztül megőrizték jó minőségüket és fogyaszthatók voltak. Kísérleteink csupán bevezető jellegűek, a további mérések, tárolási kísérletek folyamatban vannak.

-Az általunk ismert szakirodalmi adatok arra utalnak, hogy a magyar fogyasztók – életkoruktól függetlenül – kedvelik a snack típusú termékeket. Ezért fontosnak tartjuk a snack termékek termékpalettáján az eddig megszokott termékeken túl újabb fejlesztések eredményeinek megjelenését és népszerűsítését.

6. Irodalom

- [1] Wüorsch, P. (1989): Starch in human nutrition. *World Review of Nutrition & Dietetics*, 1. 60. pp. 199-256.
- [2] Rodler I. (2004): Táplálkozási ajánlások a magyarországi felnőtt lakosság számára. Országos Egészségügyi Intézet, Budapest.
- [3] Bird A. R. (2015): New cereals and pseudocereals in Australia – Hype or real nutritional benefit? *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*, 1. 1. pp. 6-7.



KON = Kontroll 100% BL55 búzaliszt/Control 100% BL55 wheat flour; HK = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Őrölt Kömény/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; HKev = 50% Hajdinaliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Buckwheat flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend; AK = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Őrölt Kömény/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + Ground Caraway seeds; AKev = 50% Amarántliszt + 50% BL55 búzaliszt + Fűszerkeverék/50% Amaranth flour + 50% BL55 wheat flour + spice blend

7. ábra: A késztermékek deformálódásakor mért terhelési erő változása a tárolás során
Figure 7 Changes in the force detected during the deformation of the finished products during storage

- [4] Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., Gloria-Hernandez, H. (2017): Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*, 1. 233. pp. 1-10.
- [5] Choi, H., Kim, W., Shin, M. (2004): Properties of Korean Amaranth Starch Compared to Waxy Millet and Waxy Sorghum Starches. *Starch/Stärke*, 1. 56. 1. 10. pp. 469-477.
- [6] Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallam, A. S., Damir, A. A., Shekib, L. A. (2006): Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1. 86. 1. 1. pp. 82-89.
- [7] Saunders, R. M., Becker, R.: Amaranthus (1984): A potential food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, 1. 60. pp. 357-396.
- [8] Besojano F. P., Corke, H. (1999): Properties of protein concentrates and hydrolysates from amaranthus and buckwheat. *Industrial Crops and Products*, 1. 10. 1. 3. pp. 175-183.
- [9] Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez J., Paredes-López, O. (2002): Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from amaranth (Amaranthus cruentus) seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 1. 50. 1. 22. pp. 6515-6520.
- [10] Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon E., Haruenkit, R., Weisz, M., Trakhtenberg, S. (2002): Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1. 82. 1. 8. pp. 886-891.
- [11] Zhu, F. (2016): Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 1. 203. pp. 231-245.
- [12] Zheng, G. H., Sosulski, F. W. (1998): Determination of water separation from cooked starch pastes after refrigeration and freeze-thaw. *Journal of Food Science*, 1. 63. 1. 1. pp. 134-139.
- [13] Skrabanja, V., Laerke, H. N., Kreft, I. (1998): Effects of hydrothermal processing of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats. *Journal of Cereal Science*, 1. 28. 1. 2. pp. 209-214.
- [14] Schoenlechner, R., Siebenhandl, S., Berghofer, E. (2008): Gluten-Free Cereal Products and Beverages, Oxford: Elsevier Inc.
- [15] Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Yokoyama, F., Nakajoh, M., Kato, N. (2001): Stronger suppression of plasma cholesterol and enhancement of the fecal excretion of steroids by a buckwheat protein product than by a soy protein isolate in rats fed on a cholesterol-free diet. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 1. 65. 1. 6. pp. 1412-1414.
- [16] Liu, Z., Ishikawa, W., Huang, X., Tomotake, H., Kayashita, J., Watanabe, H., Kato, N. (2001): A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation. *J Nutr.*, 1. 131. 1. 6. pp. 1850-3.
- [17] Török B. (2003): Egészségvédő hajdina és amaránt alapú sütőipari termékek kialakítása, műszeres mérése. Szent István Egyetem, Budapest.
- [18] Kaefer, C. M., Milner, J. A. (2008): The role of herbs and spices in cancer prevention. *J Nutr Biochem*, 1. 19. 1. 6. pp. 347-361.
- [19] Lu, M., Yuan, B., Zeng M., Chen, J. (2011): Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. *Food Research International*, 1. 44. 1. 2. pp. 530-536.
- [20] Thomas, R. H., Bernards, M. A., Drake, E. E., Guglielmo, G. (2010): Changes in the antioxidant activities of seven herb- and spice-based marinating sauces after cooking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1. 23. 1. 3. pp. 244-252.
- [21] Nychas, G.-J. E., Tassou, C. (2014): Traditional Preservatives – Oils and Spices. In *Encyclopedia of Food Microbiology*, London, Academic Press, pp. 113-118.
- [22] Chohan, M., Forster-Wilkins, G., O. E. I. (2008): Determination of the antioxidant capacity of culinary herbs subjected to various cooking and storage processes using ABTS*+ radical cation assay. *Plant Foods Hum Nutr*, 1. 63. 1. 2. pp. 47-52.
- [23] Benzie, I. F., Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*, 1. 239. 1. 1. pp. 70-6.
- [24] Watzke, H. J. (1998): Impact of processing on bioavailability examples of minerals in foods. *Trends in Food Science and Technology*, 1. 9. 1. 8-9. pp. 320-327.
- [25] Ranthor, G. S., Bock, A. M. (1988): Effects of Baking on Nutrients. In *Nutritional Evaluation of Food Processing*, New York, Van Nostrand Reinhold Company Inc., pp. 355-364.
- [26] Robertson, G. L. (2016): Packaging of Cereals, snack Foods and Confectionery. In *Food packaging: Principles and Practice*, Boca Raton, CRC Press, pp. 545-576.

Ildikó Szedljak¹, Vanda Réka Kujbus²

Received: 2017 June – Accepted: 2017 December

Application possibilities of pseudocereals in product development

Keywords: amaranth, buckwheat, omission of additives, spice blends, antioxidant effect, sensory test, water activity, storage experiment, rheology

1. Summary

In our research, experiments have been conducted on bakery product development. Our goal was the creation and chemical testing of a product that is rich in antioxidants and has favorable properties from a nutrition physiology point of view. In our experiments, bakery products were produced using different mixing ratios of BL55 wheat flour, amaranth and buckwheat flours.

The consumption of buckwheat and amaranth has not yet gained wide acceptance among Hungarian consumers. Their taste could be strange to consumers, which can cause rejection. Therefore, we tried to make the products' organoleptic properties more favorable to consumers by using different spices. By the addition of the spices, the antioxidant capacity of the finished products could also be increased.

Due to their high polyphenolic components, vitamin and mineral contents, buckwheat and amaranth are known to have beneficial physiological effects. Ground to flour, they can be used in everyday kitchen technology and baking industry practice. At the same time, since they do not contain gluten, the mechanical properties of pastas made from their flours are much weaker than what is characteristic of products made from grains. To improve baking industry properties, in addition to the application of hydrocolloids, large quantities of various food additives are used by the baking industry, such as hydroxypropyl methyl cellulose, guar gum or dextrose. However, counter-reactions may be triggered by these additives in individuals sensitive to them as well as „health-conscious” consumers are also reluctant to accept foods prepared with such additives. For this reason, such ingredients were not used in our product development.

In our experiments, we focused on the development of a snack product, because Hungarian people willingly consume snack foods. Storage experiments were carried out with our products, during which their antioxidant properties were investigated by FRAP method. In addition, water activity, moisture content and rheological properties of the products were also investigated.

Our experimental products not only possessed favorable sensory properties, but exhibited good chemical characteristics as well. As a result of baking, their water-soluble antioxidant capacity increased, and the use of spices had a favorable sensory effect on the characteristic taste of the pseudocereals. Storage experiments confirmed that the products can be consumed for several days. Due to their antimicrobial properties, in addition to improving taste, spices can also increase the shelf-life of the products.

2. Introduction

Grain-based products and cereal grains, when consumed for breakfast or as part of a snack, provide the body with the ideal daily intake of useful chemicals, various fibers and other compounds. Therefore, consumption of cereals several times a day is recommended [1] [2].

Today, it is increasingly important to supplement our cereals, in addition to the dominant grains, such as wheat, corn and rice, with other grains and pseudocereals [3].

Amaranth and buckwheat have excellent nutritional-physiological effects, therefore, they can be used as valuable raw materials or additives in modern food processing, thereby improving the texture, sensory properties and nutritional value of the food [4].

The main carbohydrate ingredient of amaranth is starch. Unlike other cereals, the starch in amaranth has excellent freezing-melting and retrogradation stabilities, it forms a gel at higher temperatures, has a higher viscosity and a high water-binding capacity. Its water solubility and swelling ability are also outstanding [5]. The other carbohydrate components of amaranth, mono- and disaccharides are present in the plant in small amounts. Their approximate quantities: sucrose: 0.6 g/100 g, galactose: 0.38 g/100 g, glucose and fructose altogether: 0.14 g/100 g. Fiber content varies between 19 and 50% by variety [6].

The carbohydrate content of amaranth is favorable from a nutritional-physiology point of view. However, its significance lies in its protein content [7]. Early experiments aimed at the comparison of amaranth and soy proteins have shown that amaranth proteins have better solubility, as well as better foaming and emulsifying properties [8]. Its high protein solubility also makes it suitable for the production of functional foods [9]. Among essential amino acids found in different amaranth varieties, lysine content is high in the seeds, which plays a role in muscle building and regeneration. The flour made from amaranth seeds contains two to three times more lysine, arginine, tryptophan and sulfur-containing amino acids than wheat flour [10].

The main component of buckwheat is starch, which accounts for more than 70% of the seed's dry matter content [11]. The amylose/amylopectin ratio of buckwheat starch is 1:1. In this respect, buckwheat starch is different from grain starch, and is more similar to high amylose content corn starch. Buckwheat starch forms a gel at a higher temperature, its viscosity is higher than that of grain starch, which can be explained by the presence of glucan [12].

33 to 37% of buckwheat starch is resistant starch [13], therefore, it is very useful for the development of

foods with low glycemic indices. However, as a result of heat treatment processes (e.g., cooking or drying at 110 °C), its quantity is reduced to ~7% [14].

Compared to traditional flour, buckwheat's fiber content is significant, 25.7 grams per 100 g product, while in wheat flour it is only 11.71 g. Since the carbohydrate components of buckwheat are absorbed slowly (its glycemic index is ~50-59), when consuming foods made with buckwheat, blood glucose levels rise slower and to a lesser extent than in case of products made from wheat flour.

The protein content of buckwheat depends on the plant variety and the environment, it is generally within a 7 to 21 % range. Seeds of the most commonly cultivated varieties contain 11 to 15% protein.

Buckwheat has beneficial nutritional-physiological effects. Buckwheat proteins reduce the risk of developing kidney stones and they lower cholesterol levels more effectively than soy proteins [15]. These proteins also reduce the risk of developing colon cancer, because they inhibit the unlimited growth of intestinal wall cells [16]. The dietary fiber content of buckwheat also contributes to its beneficial effects. Since buckwheat does not contain gluten-forming protein, it is not possible to make loose-structured bakery products from its flour [17].

The distinctive taste of buckwheat and amaranth may be a source of aversion in consumers. Their flavor can be improved by the addition of spices. Some spices have digestion stimulating, anti-bloating, anti-inflammatory and cancer-preventing effects. Research of the active components of spices and herbs as intact products is also ongoing [18]. Spices that may be added to buckwheat and amaranth flour could be sources of numerous polyphenolic compounds [19]. Spices have double function, besides their high antioxidant capacity they also possess antimicrobial effects, which may increase the shelf-life of the products [21].

During the preparation of a product it is subject to different changes that take place in the course of the cooking processes. These processes can potentially alter the antioxidant content of the product available to consumers [20]. Chohan et al. have shown that the antioxidant capacity of plant-based foods may change in either positive or negative direction during various kitchen technology processes, but it may also remain unchanged [22].

The chemical behavior of antioxidants after cooking is related to their molecular structure. For example, active polyphenolic flavonoids are more heat-resistant than vitamins and related compounds. Furthermore, additional antioxidants or phenolic compounds may form during baking, which can increase the antioxidant potential relative to the level of the starting materials [20].

¹ Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Grain and Industrial Plant Processing

² University of Copenhagen, Faculty of Science

In our experiments, we endeavored to develop a buckwheat or amaranth flour enriched wheat flour based snack product with adequate sensory properties. To achieve this, the correct flour mix ratio and baking method were determined, and it was investigated how the antioxidant capacity of the raw materials and the finished products change with the various mixing ratios and making methods. To improve sensory characteristics, various spices and spice combinations were used, and then it was examined whether the presence of the spice had resulted in a change in any of the parameters during the preparation. Rheological processes, as well as changes in moisture content and water activity in the finished product during storage were also monitored.

3. Materials and methods

In the course of our work, commercially available ground caraway seeds (*SPAR*), ground rosemary (*Le Gusto*), ground white pepper (*Kotányi*), basil and marjoram (*Horváth Rozi*), spice blend (*Vegeta Naturella spice blend*), 2.8% fat milk (*Magyar Tej*), butter (*Magyar vaj*), table salt, BL55 wheat flour (*Gyermelyi BL55*), as well as commercially available buckwheat flour (*Glutenex*) and amaranth flour (*Szarlat*) were used.

In our experiments, the antioxidant capacity of the spices and flour mixtures were investigated and, based on the results, the recipe was developed. The antioxidant capacity of the dough thus obtained and of the finished products made from them were tested. For the baking of the products, a Hauser ST-637 waffle iron was used at setting 5. Baking time was determined to be six minutes.

For the measurement of antioxidant capacity, samples were homogenized, 0.10 g/ml distilled water was added and they were centrifuged for 15 minutes (Hermle Z 100M) at 10,000 rpm.

For the tests, extracts were made from BL55 wheat flour, amaranth flour, buckwheat flour, flour mixtures, ground rosemary, ground caraway seeds, ground white pepper, ground basil, ground marjoram, the spice blend and the finished product qualified organoleptically as adequate.

Antioxidant capacity was determined using the FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) method [23]. Measurements were carried out at 593 nm, using a Rayleigh UV-1800 spectrophotometer.

For the finished product storage experiments, a commercially available metal box was used. Samples were stored for 72 hours at room temperature. During this time, the moisture content (Sartorius MA 100), water activity (Novasina ms1-aw) and rheological properties of the products were measured. For the investigation of the rheological properties, a distortion penetration method was used, 0, 24, 48

and 72 hours after the preparation of the finished product (TA.XT2i Texture Analyzer). A needle probe with a diameter of 1 mm was used for the measurements. The probe penetration rate was 0.5 mm/s, and the needle traveled 4 mm.

Sensory tests were carried out on the finished products by the students of Szent István University. Descriptive 20-point weighting factor tests based on Section 1.3.1.2 of standard MSZ 20501-2:1989 were carried out to our series of experiments.

Our work was carried out in the Hankóczy Baking laboratory of the Department of Grain and Industrial Plant Processing of Szent István University.

The blending ratios of the flours used are shown in **Table 1**.

During baking, the ingredients were kneaded, and the dough was rolled once with a kitchen pasta machine (Tescoma DELICIA) at setting 1. As a control sample, BL 55 wheat flour, free of pseudocereals was used. Final formulations are shown in **Table 2**.

Since the formulations do not contain additives that increase shelf-life, it is assumed that the samples would not retain their original condition for more than three days. To confirm this assumption, changes in the moisture content, water activity and hardness of the samples were followed.

Statistical evaluation of the test results (two-sample t-test, single factor variance analysis, two-factor repeat variance analysis) was carried out with the help of the SPSS 15.0 for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA). The selected significance level was $\min p \leq 0.005$.

4. Results and evaluation

4.1 Antioxidant capacity of spice extracts

Antioxidant capacities of the ground spices selected for the manufacture of the snack products are shown in **Figure 1**.

The figure clearly shows that rosemary exhibited a remarkably high value of 615.32 mg AA/100 g dry matter compared to the other spices. However, in terms of flavor, it had a negative effect on the finished product. Therefore, rosemary was not included in the formulations.

In case of the spices caraway seeds, basil and marjoram it can be stated that antioxidant capacities did not differ from each other significantly ($p > 0.05$), but caraway seeds had a positive effect on the taste of the finished product, so this spice was included in the formulations. The spice blend exhibited a lower antioxidant capacity than the caraway seeds,

however, it had a beneficial effect on the taste of the finished product. Therefore, the blend was included in the formulations.

The antioxidant capacity of white pepper was quite low, 17.31 mg AA/100 g dry matter, therefore, when mixed with the flour, it may have a beneficial effect on the organoleptic properties of the product, rather than increase the nutritional value, so this spice was not included in the formulations either.

4.2 Antioxidant capacity of flours and their mixtures

Figure 2 illustrates the antioxidant capacity of wheat flour mixed with buckwheat and amaranth flour in different ratios.

Based on **Figure 2**, it can be concluded that even a 30% buckwheat flour fraction increases the original antioxidant capacity of wheat flour significantly from a value of 1.5 mg AA/100 g dry matter to 7.50 mg AA/100 g dry matter. At a 50% fraction it already approaches the original antioxidant capacity of buckwheat flour of 17.51 mg AA/100 g dry matter. In case of the application of amaranth flour it is clear that the increase in valuable component content of the mixtures is directly proportional to the amaranth content of the mixtures. The antioxidant capacity increased to 20.37 mg AA/100 g dry matter at a 30% fraction, and to 27.38 mg AA/100 g dry matter at a fraction of 50%. In the final formulation, the 50-50% mixing ratio with a more favorable antioxidant capacity was used for both pseudocereal flours.

4.3 Baking results

The effect of baking on the antioxidant capacity is shown in **Figure 3**.

Based on the results it can be stated that the antioxidant capacity of the products shows an increasing trend due to baking. The supposed reason for this is that the bonds between the individual compounds and the various ligands are destroyed, thereby increasing their bioavailability [24]. In our case, antioxidant components present in the products are bound to proteins in their original state, and the compounds are released due to baking through the denaturing of proteins [25].

It is conceivable that water-insoluble components with antioxidant effects turn into water-soluble compounds due to heat, thereby increasing the antioxidant capacity of water-soluble components in products that have undergone baking.

This type of increase was not experienced in the case of samples without spices and the control products. It is possible that in these cases the presence of spice also affects the antioxidant capacity of the product. The highest value, 15.19 mg AA/100 g dry

matter, was obtained in the case of the product enriched with buckwheat flour and ground caraway seeds, while the lowest value, 7.03 mg AA/100 g dry matter was produced by the product enriched with amaranth flour and the spice blend.

4.4 Sensory tests

Results of the sensory evaluation are summarized in **Table 3**. The weighted total scores of the products did not differ from each other significantly. Overall, based on the high scores (>15), it can be said that each product was considered to be adequate by the judges. Overall results of the products made from the flour mixture enriched with buckwheat are more favorable than that of the control. Products made from the flour mixture enriched with amaranth flour obtained lower scores, but the difference was insignificant from a statistical point of view.

4.5 Moisture content and water activity

Changes in the moisture content and water activity of the finished products during storage are illustrated in **Figures 4 and 5**. It is noticeable that the two properties are related to each other, since the moisture content and the water activity changed similarly.

Overall, it can be stated that on the first day there is a clear difference between the moisture contents of the products. However, with each passing day, the difference decreased more and more, and water activity values levelled off.

The space available to them in the storage container was filled almost completely by the products, therefore, some kind of equilibration process took place between the products with different moisture contents.

At the initial stage of the measurement, the control product had the highest moisture content (10.11%). The lowest value was measured in the case of the product made from the flour mixture enriched with amaranth flour and the spice blend (2.04%). However, the observed difference gradually began to decrease by the end of the storage time. Although the moisture content of the products made from the flour mixture enriched with amaranth flour increased towards the end of storage, however, these products still had the lowest values at all times (3.36% and 3.5%).

From a microbiological point of view, the products can be considered safe, since microorganisms cannot exhibit life activities under a water activity value of 0.6 [26] and, with the exception of the control product (0.88), the water activity of each product enriched with pseudocereals remained below this value, even at the initial stage of sampling.

4.6 Rheological studies

During the measurements, the relationship between the storage time and the loadability of finished products (resistance to force of loading weight) was also investigated. For the evaluation, the load-bearing capacities of the products were analyzed by measuring two factors during storage. Loading force was determined at a depth of 1.5 mm (**Figure 6**), because the upper layer of the products in this range is still homogeneous. In addition, the maximum loading force, resulting in the distortion of the finished products, was also determined (**Figure 7**).

In the case of the loading force measured at a depth of 1.5 mm, the products made from the flour mixture enriched with amaranth flour proved to be harder than the products made from the flour mixture enriched with buckwheat flour and the control product ($p < 0.05$). The former shape was deformed at a loading force of 1,986 g (19.5 N), while the latter ones at a force of 1,529 g (15.0 N) and 1,089 g (10.7 N), respectively. This was also demonstrated by the fact experienced after baking that products made from flour mixtures enriched with pseudocereal flours were more crispy than the control product. This trend could be observed until the end of the storage experiment. In the case of the products made from the flour mixture enriched with amaranth flour, the loading force necessary for the distortion of the product was 1,801 g (17.7 N) and 1,318 g (12.9 N), while in the case of the control product and the product made from the flour mixture enriched with buckwheat flour the values were 1,088 g (10.7 N) and 1279 g (12.5 N), respectively.

It was found that the presence of spices in the fresh products did not affect the hardness of the samples ($p > 0.05$).

Similar results can be observed in the case of the maximum loading force for the finished products. The distortion of the products made from the flour mixture enriched with amaranth flour required greater force (3,925 g – 38.5 N) than the distortion of the control product (1,693 g – 16.6 N) or the products made from the flour mixture enriched with buckwheat flour (3,131 g – 30.7 N) ($p < 0.05$). During the storage experiment, no uniform tendency could be detected regarding either the hardening or the softening of the products. In terms of the rheological characteristics, differences may be the consequence in changes in the moisture content during storage.

5. Conclusion

During our work, we focused on the development of bakery products. Our goal was to create bakery products rich in antioxidants and using pseudocereals. A storage experiment was also designed for the developed products, during which we intended to measure their nutritional values. Due to their high polyphenolic components, vitamin

and mineral contents, buckwheat and amaranth are known to have beneficial physiological effects. Ground to flour, they can be used in everyday kitchen technology and baking industry practice. However, these flour do not contain gluten and so, when added to wheat flour, they significantly impair its dough-forming properties. To improve these properties, in addition to the application of hydrocolloids, large quantities of various food additives are generally used by the baking industry (e.g., hydroxypropyl methyl cellulose, guar gum, dextrose, etc.), however, counter-reactions may be triggered by these additives in the metabolism of individuals sensitive to them. In addition, the group of „health-conscious” consumers are also reluctant to accept foods prepared with such additives. For this reason, we strove to omit the above-mentioned additives from the list of ingredients of the products designed by us.

Baking (heat treatment) had a beneficial effect on the antioxidant capacity of the water-soluble compounds found in the ingredients of the flour mixtures put together by us. To suppress the unpleasant taste of the pseudocereal components and to improve the organoleptic properties of the products, spices were used. It was confirmed by storage experiments that the products developed by us maintained their high quality for 72 hours and remained consumable. Our experiments were only introductory in nature, further measurements and storage experiments are in progress.

Literature data known to us suggest that Hungarian consumers, regardless of their age, prefer snack-type products. That is why we consider it important, in addition to the usual products in the snack range, to publish and promote the results of the latest product developments.

6. References

- [1] Würsch, P. (1989): Starch in human nutrition. *World Review of Nutrition & Dietetics*, 1. 60. pp. 199-256.
- [2] Rodler I. (2004): Táplálkozási ajánlások a magyarországi felnőtt lakosság számára. Országos Egészségügyi Intézet, Budapest.
- [3] Bird A. R. (2015): New cereals and pseudocereals in Australia – Hype or real nutritional benefit? *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*, 1. 1. pp. 6-7.
- [4] Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., Gloria-Hernandez, H. (2017): Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chemistry*, 1. 233. pp. 1-10.
- [5] Choi, H., Kim, W., Shin, M. (2004): Properties of Korean Amaranth Starch Compared to Waxy Millet and Waxy Sorghum Starches. *Starch/Stärke*, 1. 56. 1. 10. pp. 469-477.

- [6] Gamel, T. H., Linssen, J. P., Mesallam, A. S., Damir, A. A., Shekib, L. A. (2006): Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1. 86. 1. 1. pp. 82-89.
- [7] Saunders, R. M., Becker, R.: Amaranthus (1984): A potential food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, 1. 60. pp. 357-396.
- [8] Besojano F. P., Corke, H. (1999): Properties of protein concentrates and hydrolysates from amaranthus and buckwheat. *Industrial Crops and Products*, 1. 10. 1. 3. pp. 175-183.
- [9] Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez J., Paredes-López, O. (2002): Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 1. 50. 1. 22. pp. 6515-6520.
- [10] Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon E., Haruenkit, R., Weisz, M., Trakhtenberg, S. (2002): Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1. 82. 1. 8. pp. 886-891.
- [11] Zhu, F. (2016): Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 1. 203. pp. 231-245.
- [12] Zheng, G. H., Sosulski, F. W. (1998): Determination of water separation from cooked starch pastes after refrigeration and freeze-thaw. *Journal of Food Science*, 1. 63. 1. 1. pp. 134-139.
- [13] Skrabanja, V., Laerke, H. N., Kreft, I. (1998): Effects of hydrothermal processing of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats. *Journal of Cereal Science*, 1. 28. 1. 2. pp. 209-214.
- [14] Schoenlechner, R., Siebenhandl, S., Berghofer, E. (2008): Gluten-Free Cereal Products and Beverages, Oxford: Elsevier Inc.
- [15] Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Yokoyama, F., Nakajoh, M., Kato, N. (2001): Stronger suppression of plasma cholesterol and enhancement of the fecal excretion of steroids by a buckwheat protein product than by a soy protein isolate in rats fed on a cholesterol-free diet. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 1. 65. 1. 6. pp. 1412-1414.
- [16] Liu, Z., Ishikawa, W., Huang, X., Tomotake, H., Kayashita, J., Watanabe, H., Kato, N. (2001): A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation. *J Nutr.*, 1. 131. 1. 6. pp. 1850-3.
- [17] Török B. (2003): Egészségvédő hajdina és amaránt alapú sütőipari termékek kialakítása, műszeres mérése. Szent István Egyetem, Budapest.
- [18] Kaefer, C. M., Milner, J. A. (2008): The role of herbs and spices in cancer prevention. *J Nutr Biochem*, 1. 19. 1. 6. pp. 347-361.
- [19] Lu, M., Yuan, B., Zeng M., Chen, J. (2011): Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. *Food Research International*, 1. 44. 1. 2. pp. 530-536.
- [20] Thomas, R. H., Bernards, M. A., Drake, E. E., Guglielmo, G. (2010): Changes in the antioxidant activities of seven herb- and spice-based marinating sauces after cooking. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1. 23. 1. 3. pp. 244-252.
- [21] Nychas, G.-J. E., Tassou, C. (2014): Traditional Preservatives – Oils and Spices. In *Encyclopedia of Food Microbiology*, London, Academic Press, pp. 113-118.
- [22] Chohan, M., Forster-Wilkins, G., O. E. I. (2008): Determination of the antioxidant capacity of culinary herbs subjected to various cooking and storage processes using ABTS⁺ radical cation assay. *Plant Foods Hum Nutr*, 1. 63. 1. 2. pp. 47-52.
- [23] Benzie, I. F., Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*, 1. 239. 1. 1. pp. 70-6.
- [24] Watzke, H. J. (1998): Impact of processing on bioavailability examples of minerals in foods. *Trends in Food Science and Technology*, 1. 9. 1. 8-9. pp. 320-327.
- [25] Ranthora, G. S., Bock, A. M. (1988): Effects of Baking on Nutrients. In *Nutritional Evaluation of Food Processing*, New York, Van Nostrand Reinhold Company Inc., pp. 355-364.
- [26] Robertson, G. L. (2016): Packaging of Cereals, snack Foods and Confectionery. In *Food packaging: Principles and Practice*, Boca Raton, CRC Press, pp. 545-576.

Kurucz Csilla¹

Nemzeti szabványosítási hírek

2018. évben honosítandó európai/nemzetközi szabványok:

ICS 67 Élelmiszeripar

MSZ EN 15505:2008 Élelmiszerek. Nyomelemek meghatározása. A nátrium és magnézium meghatározása mikrohullámú feltárást követő atomabszorpciós lángspektrometriával (AAS)

EN ISO 11085:2015 Gabonafélék, gabonaalapú termékek és takarmány. A nyerszsír- és az összes zsírtartalom meghatározása Randall-féle extrakciós módszerrel (ISO 11085:2015)

EN ISO 21415-2:2015 Búza és búzaliszt. Sikértartalom. 2. rész: A nedves siker és a sikerindex meghatározása gépi módszerrel (ISO 21415-2:2015)

ISO 2917:1999 Hús és húskészítmények. A pH mérése. Referencia-módszer

ISO 1108:1992 Fűszerek és ízesítőanyagok. A nem illékony éterkivonat meghatározása

ISO 11052:1994 Durumbúzaliszt és -dara. A sárgapigment-tartalom meghatározása

ISO 16958:2015 Tej, tejtermékek, csecsemők és felnőttek számára készült tápszerek. A zsírsav összetételének meghatározása. Kapilláris-gázkromatográfiás módszer

ISO 18787:2017 Élelmiszerek. A vízaktivitás meghatározása

A következő felsorolásban szereplő szabványok megvásárolhatók vagy megrendelhetők az MSZT Szabványboltban (1082 Budapest VIII., Horváth Mihály tér 1., telefon: 456-6893, telefax: 456-6841, e-mail: kiado@mszt.hu; levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450), illetve elektronikus formában beszerezhetők a www.mszt.hu/webaruhaz címen.

A nemzetközi/európai szabványokat bevezetjük magyar nyelven, valamint magyar nyelvű címdallal és angol nyelvű tartalommal. A magyar nyelven bevezetett nemzetközi/európai szabványok esetén külön feltüntetjük a magyar nyelvű hozzáférést.

2017. december–2018. február hónapban bevezetett szabványok:

07.100.20 Víz mikrobiológiája

MSZ EN ISO 11731:2017 Vízminőség. Legionella megszámlálása (ISO 11731:2017), amely visszavonta az MSZ EN ISO 11731-2:2008-at

MSZ EN ISO 13843:2017 Vízminőség. Kvantitatív mikrobiológiai módszerek teljesítményjellemzőinek megállapítására vonatkozó követelmények (ISO 13843:2017), amely visszavonta az MSZ EN ISO 13843:2001-et

13.060 Vízminőség

MSZ EN ISO 5667-16:2017 Vízminőség. Mintavétel. 16. rész: Útmutató a minták biológiai vizsgálatához (ISO 5667-16:2017), amely visszavonta az MSZ EN ISO 5667-16:2000-et

MSZ EN ISO 20227:2017 Vízminőség. Szennyvíz, természetes vizek és vegyi anyagok bojtos békalencsére (*Spirodela polyrhiza*) ható növekedésgátlásának meghatározása. Törzstenyészet-független mikrobióta-módszer (ISO 20227:2017)

13.280 Sugárzás elleni védelem

MSZ EN ISO 9697:2017 Vízminőség. Az összes béta-aktivitás nem sós vízben. Vastag rétegű sugárforrások vizsgálati módszere (ISO 9697:2015)

65.120 Takarmányanyagok

MSZ EN ISO 12099:2017 Takarmány, gabonafélék és gabonaőrlemények. A közeli infravörös spektrometria alkalmazási irányelvei (ISO 12099:2017), amely visszavonta az MSZ EN ISO 12099:2010-et

MSZ EN 17050:2017 Takarmány. Mintavételi és vizsgálati módszerek. A jó meghatározása takarmányban ICP-MS-sel

ICS 67 Élelmiszeripar

67.050 Élelmiszertermékek vizsgálatának és elemzésének általános módszerei

MSZ CEN/TS 17061:2017 Élelmiszerek. A peszticid szermaradékok és szerves szennyező anyagok kromatográfiás módszerekkel végzett kalibrálásának és mennyiségi meghatározásának irányelvei

MSZ CEN/TS 17062:2017 Növényi eredetű élelmiszerek. A peszticid szermaradékok meghatározásának multimódszerei növényi eredetű olajokban, LC-MS/MS-sel

67.200.20 Olajmagvak

MSZ EN ISO 21294:2017 Olajmagvak. Kézi vagy automatikus szakaszos mintavétel (ISO 21294:2017), amely visszavonta az MSZ ISO 542:1992-öt

67.100 Tej és tejtermékek

MSZ 3703:2018 Tej és ízesített tejsitalok zsírtartalmának meghatározása, amely visszavonta az MSZ 3703:1982-öt

MSZ 9441:2018 Jégkrémek vizsgálatai

MSZ 9602:2018 Tejszín, savanyú tej-, tejszínkészítmények és ízesített tejtermékek zsírtartalmának meghatározása, amely visszavonta az MSZ 9602:1984-et

2017. december–2018. február hónapban módosított szabvány:

MSZ 6950-3:2017/1M:2018 A méz vizsgálata. 3. rész: Mikroszkópos vizsgálat

2017. december–2018. február hónapban helyesbített szabványok:

MSZ EN ISO 6579-1:2017 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a *Salmonella* kimutatására, számlálására és szerotipizálására. 1. rész: A *Salmonella* spp. kimutatása (ISO 6579-1:2017)

MSZ EN ISO 11290-2:2017 Az élelmiszerlánc mikrobiológiája. Horizontális módszer a *Listeria monocytogenes* és a *Listeria* spp. kimutatására és számlálására. 2. rész: Számlálási módszer (ISO 11290-2:2017)

2017. december–2018. február hónapban visszavont szabványok:

MSZ ISO 2859-10:2007 Minősítéses ellenőrzések mintavételi eljárásai. 10. rész: Bevezetés az ISO 2859, a minősítéses mintavételes ellenőrzés tárgyú szabványsorozathoz

MSZ 1660:1987 Étkezési ecetkészítmények formaldehidtartalmának meghatározása

MSZ 4794:2003 A cukor mintavétele és átvétele

MSZ 6333:1984 Sütőipari termékek mintavétele és tételminősítése

MSZ 6334:1984 Gabonafélék étkezési őrlményeinek mintavétele és tételminősítése

MSZ 6821:1989 Az étkezési tojás mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 6889:1988 A műlép mintavétele és vizsgálata

MSZ 6949:1986 A méhviasz mintavétele és vizsgálata
MSZ 8781:1984 Keményítők mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 9434:1983 Kakaópor mintavétele és vizsgálata
MSZ 9438:1982 Keménycukorkák mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 17648:1996 Szőlőszaporítóanyagok mintavétele és vizsgálata

MSZ 17673:1987 Száraztészták mintavétele és minősítése

MSZ 20640:1988 Csokoládék mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 20643:1983 Fagylaltporok és fagylaltsűrítmények mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 20678:1981 Kávépótszerek mintavétele és minősítése

MSZ 20681:1981 Pörköltkávé mintavétele és minősítése
MSZ 20682:1980 Tea mintavétele nagy csomagolású egységekből

MSZ 20683:1980 Tea mintavétele és tételminősítése fogyasztói csomagolású egységeknél

MSZ 20896:1989 Édesipari nyersanyagok és termékek mintavétele és tételminősítése

MSZ 20983:1984 Karamellák mintavétele, vizsgálata és minősítése

MSZ 21356:1984 Mézes- és mézes jellegű sütemények mintavétele, vizsgálata és minősítése

Review of national standardization

The following European/International standards are published in Hungarian in 2018:

ICS 67 Food technology

MSZ EN 15505:2008 Foodstuffs. Determination of trace elements. Determination of sodium and magnesium by flame atomic absorption spectrometry (AAS) after microwave digestion

EN ISO 11085:2015 Cereals, cereals-based products and animal feeding stuffs. Determination of crude fat and total fat content by the Randall extraction method (ISO 11085:2015)

EN ISO 21415-2:2015 Wheat and wheat flour. Gluten content. Part 2: Determination of wet gluten and gluten index by mechanical means (ISO 21415-2:2015)

ISO 2917:1999 Meat and meat products. Measurement of pH. Reference method

ISO 1108:1992 Spices and condiments. Determination of non-volatile ether extract

ISO 11052:1994 Durum wheat flour and semolina. Determination of yellow pigment content

ISO 16958:2015 Milk, milk products, infant formula and adult nutritionals. Determination of fatty acids composition. Capillary gas chromatographic method

ISO 18787:2017 Foodstuffs. Determination of water activity

The following Hungarian standards are commercially available at MSZT (Hungarian Standards Institution, H-1082 Budapest, Horváth Mihály tér 1., phone: +36 1 456 6893, fax: +36 1 456 6841, e-mail: kiado@mszt.hu, postal address: H-1450 Budapest 9., Pf. 24) or via website: www.mszt.hu/webaruhaz.

Published national standards from December, 2017 to February, 2018

07.100.20 Microbiology of water

MSZ EN ISO 11731:2017 Water quality. Enumeration of Legionella (ISO 11731:2017) which has withdrawn the MSZ EN ISO 11731-2:2008

MSZ EN ISO 13843:2017 Water quality. Requirements for establishing performance characteristics of quantitative microbiological methods (ISO 13843:2017) which has withdrawn the MSZ EN ISO 13843:2001

13.060 Water quality

MSZ EN ISO 5667-16:2017 Water quality. Sampling. Part 16: Guidance on biotesting of samples (ISO 5667-16:2017) which has withdrawn the MSZ EN ISO 5667-16:2000

MSZ EN ISO 20227:2017 Water quality. Determination of the growth inhibition effects of waste waters, natural waters and chemicals on the duckweed *Spirodela polyrhiza*. Method using a stock culture independent microbiotest (ISO 20227:2017)

¹ Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)

¹ Hungarian Standards Institution

13.280 Radiation protection

MSZ EN ISO 9697:2017 Water quality. Gross beta activity in non-saline water. Test method using thick source (ISO 9697:2015)

65.120 Animal feeding stuffs

MSZ EN ISO 12099:2017 Animal feeding stuffs, cereals and milled cereal products. Guidelines for the application of near infrared spectrometry (ISO 12099:2017) which has withdrawn the MSZ EN ISO 12099:2010

MSZ EN 17050:2017 Animal feeding stuffs: Methods of sampling and analysis. Determination of iodine in animal feed by ICP-MS

ICS 67 Food technology

67.050 General methods of tests and analysis for food products

MSZ CEN/TS 17061:2017 Foodstuffs. Guidelines for the calibration and quantitative determination of pesticide residues and organic contaminants using chromatographic methods

MSZ CEN/TS 17062:2017 Foods of plant origin. Multimethod for the determination of pesticide residues in vegetable oils by LC-MS/MS

67.200.20 Oilseeds

MSZ EN ISO 21294:2017 Oilseeds. Manual or automatic discontinuous sampling (ISO 21294:2017) which has withdrawn the MSZ ISO 542:1992

67.100 Milk and milk products

MSZ 3703:2018 Determination of fat content of milk and flavoured milk beverages, which has withdrawn the MSZ 3703:1982

MSZ 9441:2018 Analysis of ice creams

MSZ 9602:2018 Determination of fat content of cream, fermented milk and cream products and flavoured milk products which has withdrawn the MSZ 9602:1984

Modified national standard from December, 2017 to February, 2018

MSZ 6950-3:2017/1M:2018 Test of honey. Part 3: Microscopical examination

Corrected national standards from December, 2017 to February, 2018

MSZ EN ISO 6579-1:2017 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*. Part 1: Detection of *Salmonella* spp. (ISO 6579-1:2017)

MSZ EN ISO 11290-2:2017 Microbiology of the food chain. Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp. Part 2: Enumeration method (ISO 11290-2:2017)

Withdrawn national standards from December, 2017 to February, 2018

MSZ ISO 2859-10:2007 Sampling procedures for inspection by attributes. Part 10: Introduction to the ISO 2859 series of standards for sampling for inspection by attributes

MSZ 1660:1987 Edible vinegar products. Determination of formaldehyde content

MSZ 4794:2003 Sugar. Sampling and acceptance
MSZ 6333:1984 Bakery products. Acceptance sampling

MSZ 6334:1984 Cereals. Milled products for human consumption. Sampling

MSZ 6821:1989 Eggs. Sampling, test methods and qualification

MSZ 6889:1988 Wax comb foundation. Sampling and testing

MSZ 6949:1986 Beeswax. Sampling and test

MSZ 8781:1984 Starches. Sampling, test methods and quality assessment

MSZ 9434:1983 Cocoa-powder. Sampling and testing

MSZ 9438:1982 Candies. Sampling, methods of test and quality assessment

MSZ 17648:1996 Propagation material of vines. Sampling and test

MSZ 17673:1987 Pastry products. Sampling and qualification

MSZ 20640:1988 Chocolate. Sampling, test methods and quality assessment

MSZ 20643:1983 Ice-cream powders and ice-cream concentrates. Sampling, test methods

MSZ 20678:1981 Coffee surrogates. Sampling and evaluation

MSZ 20681:1981 Roasted coffee. Sampling and evaluation

MSZ 20682:1980 Tea. Sampling from large containers

MSZ 20683:1980 Tea. Sampling of prepacked units

MSZ 20896:1989 Confectionery products. Sampling and qualification of lot

MSZ 20983:1984 Caramels. Sampling, test methods, qualification

MSZ 21356:1984 Honey cakes and alike products. Sampling, testing and quality assessment

For further information please contact Ms Csilla Kurucz, sector manager on food and agriculture, e-mail: cs.kurucz@mszt.hu

ÚJ BC TEMPO BC
Bacillus cereus csoport megszámlálására 22 órán belül
AOAC és ISO 16140 validált

tempo
THE 1st AUTOMATED QUALITY INDICATOR SOLUTION

Minden körülmények között megbízható minőségellenőrzésre van szüksége?

TEMPO® biztosítja

- a személyzet irányításának optimalizálását
- a munkaterhelés változékonyságának kezelését
- a pontos és időszerű eredményt
- |||| a nyomon követhetőséget



TEMPO az innovatív megoldás minőségi mutatók meghatározására élelmiszerekben és környezeti mintákban

bioMérieux Hungária Kft.
1138 Budapest, Váci út 175.

Tel.: (36) 1 231-3050
Fax.: (36) 1 231-3059
email: info.hu@biomerieux.com
www.biomerieux.com

BIOMÉRIEUX
INDUSTRY
PIONEERING DIAGNOSTICS

Akrilamid a burgonyából készült élelmiszerekben

Csökkenteni kell az élelmiszerekben a rákkeltő akrilamid mennyiségét – a hamarosan hatályba lépő EU-rendelet elsősorban a sültburgonyát, bizonyos pékárukat és a kávé érinti. A háztartásokban is ügyelni kell arra, hogy a főzni való burgonyát lehetőleg ne süssük, a nem megfelelő hőkezelés hatására képződő akrilamiddal ugyanis lényegében egy műanyag monomerjét állítjuk elő az ételeinkben – derül ki a Laboratorium.hu tudományos portál februárban megjelent egyik ismeretterjesztő írásából.

Tavaly december 11-én lépett hatályba, és néhány hónap múlva már kötelezően alkalmazandó az EU Bizottság 2017/2158 számú rendelete, amely az élelmiszerek akrilamid-tartalmának csökkentésével kapcsolatos kockázatsökkentő intézkedéseket ír elő az érintett vállalkozások számára, mert az élelmiszerekben előforduló akrilamid potenciálisan növeli a rák kialakulásának kockázatát valamennyi fogyasztói korcsoport tekintetében.

Ezeket az intézkedéseket és azok hatásosságát min-távéttel és laboratóriumi elemzéssel kell ellenőrizni.



Elsősorban a friss burgonyából készült hasábburgonya, egyéb darabolt (olajban sült) termékek és szeletelt burgonyaszirom; a snack ételek, sós kekszek, a burgonyapéből készült termékek, a kenyér; a reggeli gabonapelyhek (a zabkása kivételével), illetve a finompékáruk (aprósütemény, édes keksz, kétszersült, gabonaszület, stb.) gyártóinak kell különösen figyelniük.

Ugyancsak tartalmazhat akrilamidot a kávé (pörkölt és instant változata egyaránt, valamint a pótkávé is), illetve bizonyos gabonaalapú bébitelek.

Újabb vegyületek a tiltólistán

Január elsejétől újabb anabolikus szteroidok és stimulánsok kerültek fel a Nemzetközi Doppingellenes Ügynökség (WADA) tiltólistájára. A vegyületek egy része eddig különböző étrend-kiegészítők összetevője is volt. A sportolóknak az eddigiéknél is nagyobb körültekintéssel kell az általuk elfo-

gyasztott étrend-kiegészítőket kiválasztaniuk, hogy ne kövessenek el doppingvétséget – olvasható a Doppingmentes.hu-n, Magyarország első doppingmentes étrend-kiegészítőket tartalmazó adatbázisának honlapján.



A Nemzetközi Doppingellenes Ügynökség (WADA) tiltólistája minden évben január 1-én újul meg. „Nagyon fontos ez a dátum, emlékezzünk csak 2016-ra, amikor a meldonium felkerült a tiltott anyagok közé” – mondta el a Doppingmentes.hu-nak Horváthné Soós Erika, az étrend-kiegészítők vizsgálatát több mint tíz éve végző független laboratórium, a WESSLING Hungary Kft. munkatársa. „A teniszező Marija Sarapova a doppingvétsége során arra hivatkozott, hogy nem követte az aktuális tiltólista változásait, ezért alkalmazta a szert akkor is, amikor annak használata már tilos volt a sportolók számára. Az eltiltás nem is maradt el” – tette hozzá a szakember, aki kiemelte, hogy a tiltólista a legtöbb csoportban nem zárt.

A hatóanyagokat a lista példa gyanánt sorolja fel, ám azzal a megjegyzéssel, hogy a hasonló kémiai szerkezetű vagy biológiai hatású szerek ugyancsak tiltottak.

Az idei évben is új vegyületek kerültek fel a listára. Ezek közé tartozik az anabolikus szteroidok közül az 1-androsterone, a stimulánsok közül pedig az 1,3-dimethylbutylamine.

Junior Prima díj egy fiatal kémikusnak

Dr. Bodai Zsolt, az ELTE és az Elválasztástechnikai Oktató és Kutató Laboratórium (EKOL) egykori diákja nyerte el a jövő meghatározó kutatóinak odaítélt Junior Prima díjat. A fiatal kutató többek között az analitika és a kioldódás területén is jelentős eredményeket ért el.

Magyarország egyik legrangosabb elismerése, a Prima Primissima díj életre hívói 2007 óta jutalmaznak önálló díjjal a kiemelkedő teljesítményt nyújtó, harminc év alatti fiatalokat. A Junior Prima Díjjal a jövő meghatározó személyiségeinek kívánnak jelentős ösztönzést adni minden évben.

Dr. Bodai Zsolt az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végzett vegyészként, 2009-től a WESSLING Hungary Kft. és az ELTE Kémiai Intézete által alapí-

tott és működtetett Elválasztástechnikai Oktató és Kutató Laboratórium csapatának is tagja, egy ideig megbízott vezetője is volt. Itteni munkája során több eljárást is kidolgozott, többek között illatanyagok parfüm mintákból való meghatározására, illetve gyógyszermaradványok azonosítására, és vizsgálta az anyatejben előforduló cukrokat is.



Munkáját a tudomány iránti alázat, tanulni akarás, kreativitás és nagyfokú dinamizmus jellemzi. Doktori munkájában az élelmiszerekkel rendeltetésszerűen érintkezésbe kerülő műanyagokból kioldódó adalékanyagok meghatározásával foglalkozott, ennek eredménye, hogy ma 11 adalékanyag megbízható és gyors meghatározása vált lehetségessé élelmiszerekből. Publikációjában mindemellett rámutatott az ide vonatkozó európai rendelet hiányosságaira is.

A NÉBIH hírei



Hároméves a Szupermenta, a NÉBIH termékteszt programja

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) szemléletformáló programjaként már három éve jelentkezik különböző termékcsoporthoz tartozó teszteredményével a Szupermenta. Az eddigi 36 hónap alatt 40 termék körüli teljes körű vizsgálatát végezték el a hivatal szakemberei.



A NÉBIH 2014 novemberében a vásárlói tudatosság növelése érdekében indította el szemléletformáló kampányát, a Szupermentát. A program célja, hogy a minőség kérdéskörére összpontosítva termékteszt formájában segítsen a vásárlóknak az élelmiszerek, élelmiszerláncokhoz kapcsolódó termékek tudatos kiválasztásában.

A Szupermenta-tesztek egyediségét az a komplex vizsgálati rendszer adja, amely magában foglalja a NÉBIH laboratóriumaiban végzett méréseket és a termékek hatásági ellenőrzését is. A vizsgálati sorozat eredményei bárki számára megismerhetők a program hivatalos felületén, a Szupermenta honlapon (www.szupermenta.hu).

Afrikai sertéspestist mutatott ki a NÉBIH egy ukrán sertéshúsmintában

Afrikai sertéspestis (ASP) vírusát mutatta ki a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) egy Ukrajnából származó, a záhonyi határállomáson elkobzott sertéshúsmintában. A súlyos gazdasági kárral járó betegség terjedésében jelentős szerepe van a felelőtlen emberi magatartásnak, mivel a vírus a fertőzött állatok húsának illegális szállításával rövid idő alatt nagy távolságokra juthat el. A NÉBIH ismét hangsúlyozta a hús és húskészítmények Ukrajnából történő behozatalának tilalmát, illetve a sertéstartó telepeken a járványvédelmi intézkedések, különösen az élelmiszerhulladék (moslák) etetésére vonatkozó tilalom betartásának kötelezettségét.

A betegség vírusa igen ellenálló, húsban, nem hőkezelt húskészítményben hónapokig, fagyasztott húsban akár évekig fertőzőképes. Emiatt a fertőzött állatokból nyert és illegálisan Magyarországra behozott termékek jelentős kockázatot jelentenek az ASP hazai megjelenése szempontjából. Ukrajnából (mint minden az Európai Uniót kívüli, ún. harmadik országból) húst és húskészítményt behozni még személyes fogyasztásra is tilos! A hatóságok mégis rendszeresen találhatnak ilyen termékeket a határokon végzett poggyászellenőrzések során. 2017-ben 7040 kg, személyes poggyászból származó élelmiszer koboztak el a szakemberek.

Az ASP a házi sertés és a vaddisznó vírusos betegsége. Az Európai Unió területén először 2014-ben, Litvániában mutatták ki. Kárpátalján, a magyar határ közelében 2016 decemberében jelentették első alkalommal az ukrán hatóságok a betegség előfordulását. 2017 júniusában Csehországban vaddisznókban, júliusban pedig Romániában, Szatmárnémetiben egy háztáji gazdaságban állapították meg a betegséget.

Az ASP egyrészt a fertőzött vaddisznóállományok érintkezésével terjed, másrészt a felelőtlen emberi magatartás révén, például a fertőzött állatokból származó hús és húskészítmények illegális forgalmával. Míg a vaddisznóállományokban a természetes terjedés évi 20-50 km, addig az emberi tevékenység révén rövid idő alatt igen nagy távolságokra eljuthat a vírus. Ez történt Csehország esetében is, ahol Európa korábban fertőzött területeitől több száz kilométerre jelent meg a betegség.

A vaddisznók és a házi sertések a fertőzött állatokból származó élelmiszerhulladékokkal is fertőződhetnek,

éppen ezért az élelmiszerhulladék (moslák) etetését jogszabály tiltja. A tilalom betartása a sertésállományok védelmének és az ASP megelőzésének egyik legfontosabb eleme.

Az, hogy sikerül-e megakadályozni a betegség behurcolását Magyarországra, nagyban függ az állattartói, sőt a fogyasztói jogszabálykövető magatartástól is. Nemcsak a fertőzött területeken, hanem – a járványügyi kockázatra tekintettel – hazánkban is kiemelten fontos az állattartók részéről az állategészségügyi jogszabályok betartása. Így például a körületekintő sertésvásárlás, az állattartó telepeken a járványvédelmi megelőző intézkedések alkalmazása, vagy a mosléketetés tilalmának betartása. A fertőzött területekről hazánkba érkező utazók a hús és húskészítmény behozatal tilalmának betartásával járulhat hozzá az ASP megelőzéséhez.

Bognár Lajos országos főállatorvos ismételtén kérte az állattartók és az érintettek együttműködését a betegség behurcolásának megakadályozása érdekében. A betegséggel kapcsolatosan számos további hasznos információ olvasható a hivatal weboldala (portal.nebih.gov.hu/asp.)

A közkezdvelt húskészítmény is sorra került a NÉBIH terméktesztjén



A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) a sertéshúst tartalmazó párízisikat ellenőrizte legújabb Szupermenta-terméktesztjén. Összesen 30 párízisit vizsgáltak, köztük szeletelt és rúd kiserelésű termékeket. Laboratóriumban ellenőrizték, hogy ezek a húskészítmények valóban megfelelnek-e az élelmiszerbiztonsági követelményeknek, továbbá a Magyar Élelmiszerkönyv kritériumainak. Egy termék esetében minőségi kifogás miatt eljárást indítottak a hivatal szakemberei.

Összesen 30 sertés párízisit vizsgáltak a NÉBIH munkatársai. 17 szeletelt és 13 rúd terméket hasonlítottak össze, amelyek között 27 natúr, illetve 3 füst ízű, ízesítésű volt. Összetételüket tekintve 22 sertéshús, 7 sertés és marhahús, 1 párízisi pedig sertés és baromfi hús felhasználásával készült. A Magyar Élelmiszerkönyv előírása szerint azonban „sertés párízisnak” csak az a termék nevezhető, amelynek 51%-os

hústartalma 70%-a sertésből származik (35,7% sertéshús a termék teljes tömegére vonatkoztatva). A vizsgált 30 párízisit 11 üzem állította elő, 7 magyar, 3 osztrák és 1 német üzemben készültek a termékek.

Az élelmiszerbiztonságot ellenőrző szakemberek a fentiekén kívül mikrobiológiai laboratóriumi vizsgálatot is végeztek. Az elvégzett mikrobiológiai vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy élelmiszer-biztonsági szempontból mindegyik párízisi megfelelt az előírásoknak.

2017. augusztus 1-e óta az előállítási gyakorlatban már kötelezően alkalmazni kell azokat az előírásokat, amelyek szerint – például – a párízisban a minimális hústartalom követelménye – a korábbi 40%-ról 51%-ra emelkedett. További, a Magyar Élelmiszerkönyvben meghatározott kritérium a párízisi megnevezésű termékekkel szemben, hogy a csontokról mechanikusan lefejtett hús mennyisége (MSM) a késztermékre vonatkoztatva legfeljebb 10% lehet.

Az analitikai vizsgálatok eredménye alapján, amellyel a NÉBIH szakemberei a minőségi követelmények betartását ellenőrizték. Egy termék volt kifogásolható. Víztartalma (78,8g/100g) ugyanis jelentősen meghaladta a megengedett értéket (70m/m%), ezért minőségi szempontból nem volt megfelelő. A felelős vállalkozóval szemben a NÉBIH szakemberei hatósági eljárást indítottak, és minőségi hiba miatt minőségvédelmi bírságot szabnak ki.

Laboratóriumban mérték mindegyik termék kalciumtartalmát is, ami alapján következtetések vonhatók le a termékben felhasznált MSM (Mechanically Separated Meat) mennyiségére. A kiugróan magas kalciumérték utalhat a felhasznált MSM nagy mennyiségére.

A teszt során vizsgált 30 termék között több olyat találtak, amelynek csomagolásán „gluténmentes”, „laktózmentes”, „szójamentes” és „tejfahérjementes” feliratot tüntettek fel. A szakemberek laboratóriumi módszerekkel vizsgálták, hogy ezek az állítások csakugyan helytállóak-e. Valamennyi vizsgálat kedvező eredménnyel zárult, azaz a „mentesség”-re vizsgált termékek említett összetevői az analitikai mérés alsó határa alatt voltak, így valóban „mentes” termékeknek minősültek.

A kedveltségi teszt ezúttal sem maradt el, ennek során alakult ki a sertéspárízis Szupermenta-rangsora. Szakértő, laikus, valamint gyártói és kereskedelmi oldal egyaránt képviselő kóstolók vizsgálták a 30 párízisit a termékkörre jellemző 5 szempont – metszéspap, szín, illat, állomány és íz – szerint. A Szupermenta kedveltségi vizsgálatán a tesztelők a párízis két csoportját bírálták, szeletelt és rúd kiserelési formában. A bírálatokat vakteszt rendszerben végezték.

A kedveltségi vizsgálaton egy terméket kizártak a bírálók annak a termékre nem jellemző savanykás íze miatt (a savanyú íz vélhetőleg romlott, de hőkezelt alapanyag felhasználása miatt alakulhatott ki). A kizárt termék valamennyi kémiai és mikrobiológiai elő-

írásnak megfelelt ugyan, de fogyasztásra alkalmatlan volt, így melléke miatt nem került bele a rangsorba.

Végeredményben a szeletelt sertéspárízis Szupermenta-versenyében első helyen a Berger Feine Extrawurst végzett. Második lett a Pick Nosztalgia Párizsi, míg harmadikként a Wiesbauer Dunahús Delikat Párizsi zárt.

Rúd kiserelésű sertéspárízis között első helyen a Pick Nosztalgia Párizsi végzett. Második lett a Berger Feine Extra Párizsi, míg harmadikként a Pick Füst ízesítésű Párizsi ért el helyezést a dobogón.

További információk és a részletes vizsgálati eredmények elérhetők a NÉBIH Szupermenta termékteszt oldalán: <http://szupermenta.hu/egy-igazi-klasszikust-teszteltunk/>.

2017-ben nem tárt fel lényeges szabálytalanságokat a téli szezonális élelmiszerlánc-ellenőrzés

A 2017-es téli szezonális élelmiszerlánc-ellenőrzés eredményei januári összesítése szerint a megelőző évekhez viszonyítva kedvezőbb képet mutatnak. A decemberben végrehajtott ellenőrzés-sorozatot Zsigó Róbert, a Földművelésügyi Minisztérium élelmiszerlánc-felügyeletért felelős államtitkára rendelte el. A szakhatóság az élelmiszerláncban végzett összesen 4.775 ellenőrzés során csaknem 11,5 millió Ft bírságot szabott ki és 14.143 kg élelmiszert vont ki a forgalomból.

A hagyományossá vált év végi ellenőrzési sorozat időszakában a friss húst, a haltermékeket, a pácolt, füstölt nyers vagy főtt húskészítményeket, a virslit, az édesipari termékeket, a borokat és pezsgőket, továbbá a szezonális zöldségeket és gyümölcsöket ellenőrizték kiemelten az élelmiszerlánc-biztonsági szakemberek. Az akciót a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági hivatal koordinálta.

A szezonális ellenőrzés fő célja az volt, hogy az ünnepeket megelőző időszak megnövekedett forgalma mellett hozzájáruljon az élelmiszerbiztonsági és minőségi követelmények maradéktalan teljesítéséhez. A rendszeresen visszatérő vizsgálatssorozatnak is köszönhető, hogy az élelmiszer-vállalkozók évről évre felkészültebben vágnak neki a szezonnak, így súlyos szabálytalanságokra nem derült fény 2017-ben.

A szakemberek leggyakrabban – az ellenőrzések 3,5%-ánál – higiéniai hiányosságokat állapítottak meg, ami a 2016-os esztendőhöz képest 1%-os növekedést mutat. 2017-ben valamelyest több szabálytalanságot tártak fel a termékek minőségével és összetételével, valamint a dolgozók képzettségével, alkalmasságával kapcsolatban. Ezzel szemben a nyomon követhetőségre vonatkozó hiányosságok aránya 2,2%-ról 1,6%-ra csökkent.

A NÉBIH szakemberei az élelmiszerláncban egy hónap alatt 3.441 egységet ellenőriztek, ebből 563 élelmiszer-előállító, 2.003 élelmiszer-forgalmazó és 875 vendéglátóhely volt. A megvizsgált 16.569 hazai és külföldi élelmiszertételből mindössze 311 tétel (1,9%) kellett kivonni a forgalomból, országosan 14.143 kg mennyiségben. A kivont tételek aránya jelentősen csökkent az előző évihez képest (2016-ban 4,2% volt).

Az akció során feltárt szabálytalanságok miatt 64 esetben figyelmeztetést, 25 alkalommal a tevékenység korlátozását, míg 143 esetben bírság kiszabását alkalmazták szankcióként.

Acrylamide in foods made from potatoes

The amount of carcinogenic acrylamide in foods has to be reduced – the EU regulation, which entered into force recently, mainly concerns French fries, certain bakers' wares and coffee. Care should be taken in households as well that potatoes recommended for cooking are not baked, because basically the monomer of a plastic is produced in our foods when acrylamide forms as the result of inadequate heat treatment – reveals one of the awareness-raising articles published by the Laboratorium.hu scientific portal in February.

Commission Regulation (EU) 2017/2158 requiring the affected companies to take risk mitigation measures to reduce the acrylamide content of foods came into force on December 11, 2017, and it will become mandatory within a few months, because acrylamide in foods potentially increases the risk of developing cancer in all consumer age groups.

The measures and their effectiveness have to be monitored by samplings and laboratory analyses.

Particular attention has to be paid by manufacturers of French fries made from fresh potatoes, other cut (fried) products and sliced potato chips; snack foods, salty biscuits, products made from potato pulp, bread; breakfast cereals (with the exception of oatmeal), and fine bakers' products (cookies, sweet biscuits, zwieback, cereal bars, etc.).

Coffee (both roasted and instant varieties, as well as coffee substitutes) and certain cereal-based baby foods may also contain acrylamide.

New compounds on the prohibited list

Starting from January 1, new anabolic steroids and stimulants have been added to the prohibited list of the World Anti-Doping Agency (WADA). Some of the compounds have so far been ingredients of various dietary supplements. Athletes need to be even more careful when

selecting the dietary supplements they take, to make sure they do not violate anti-doping rules – reveals Doppingmenteshu, the homepage of the first database in Hungary containing doping-free dietary supplements.

The prohibited list of the World Anti-Doping Agency (WADA) is updated on January 1 each year. „This is a very important date, just remember 2016, when meldonium was added to the prohibited list” – Erika Horváthné Soós of WESSLING Hungary Kft., an independent laboratory which has been testing dietary supplements for more than ten years, said to Doppingmenteshu. „The tennis player Maria Sharapova claimed during her doping offence that she had not followed the changes in the current prohibited list, that is why she had used the substance even when it had already been prohibited for athletes to use it. Naturally, she was banned” – added the expert, pointing out that for most groups the prohibited list is not closed.

Active substances are listed as examples, with the remark that agents with similar chemical structures or biological effects are also prohibited.

New compounds have been added to the list this year as well. These include the anabolic steroid 1-androsterone, and the stimulant 1,3-dimethylbutylamine.

Junior Prima Prize goes to a young chemist

Dr. Zsolt Bodai, former student of Eötvös Loránd university and the Joint Research and Training Laboratory on Separation Techniques (EKOL) was awarded the Junior Prima Prize, given to dominant researchers of the future. The young researcher has achieved remarkable results in the fields of analysis and migration testing, among other things.

Creators of one of the most prestigious awards in Hungary, the Prima Primissima Prize, have been rewarding young people under thirty years of age with an independent prize for outstanding achievement since 2007. Each year, the Junior Prima Prize is intended to give a significant stimulus to dominant personalities of the future.

Dr. Zsolt Bodai completed his studies at Eötvös Loránd University (ELTE) as a chemist, starting from 2009 he was a member of the team of the Joint Research and Training Laboratory on Separation Techniques, founded and operated by WESSLING Hungary Kft. and ELTE's Institute of Chemistry, and, for a while, he was also the acting head of the laboratory. During his work there, he developed several procedures, for example, for the determination of fragrant substances in perfume

samples, for the identification of drug residues, and he also investigated sugars that occur in breast milk.

His work is characterized by humility to science, a desire to learn, creativity and a high degree of dynamism. His doctoral work was devoted to the determination of additives that are leached from food contact plastic materials and, as a result, today we can determine 11 additives in foods in a reliable and rapid way. In addition, in his publication he also drew attention to the shortcomings of the relevant European regulation.

NFCSO news

Supermint, the product test program of NFCSO is three years old

Supermint has been publishing the test results of various product groups for three years as the awareness-raising program of the National Food Chain Safety Office (NFCSO). Over the past 36 months, comprehensive tests of 40 product groups have been carried out by the experts of the office.

The awareness-raising campaign of NFCSO, Supermint was launched in November 2014, to increase consumer awareness. The goal of the program is to help the conscious selection of foods and other products related to the food chain by consumers, by focusing on the issues of quality in the form of product tests.

The uniqueness of the Supermint tests is provided by the complex test system, which includes the measurements carried out in the laboratories of NFCSO and the authority inspection of the products. Results of the test series are available to anyone on the official page of the program, the Supermint website (www.szupermenta.hu).

African swine fever detected by NFCSO in a Ukrainian pig meat sample

The virus of African swine fever (ASF) was detected by the National Food Chain Safety Office (NFCSO) in a Ukrainian pig meat sample seized at the Záhony border station. Irresponsible human behavior plays an important role in the spread of the disease that causes serious economic damages, since the virus can travel a long distance within a short time through the illegal transportation of the meat of infected animals. The ban on the import of meat and meat products from Ukraine was stressed again by NFCSO, as well as the obligation to comply with disease control measures at pig farms, especially the ban on feeding food waste (swill) to pigs.

The virus of the disease is highly resistant, it can remain virulent in meat and non-heat-treated meat products for months, and in frozen meat even for years. For this reason, products obtained from infected animals and imported to Hungary illegally pose a significant risk in terms of the domestic appearance of AWF. It is forbidden to import meat or meat products from Ukraine (like from all countries outside the European Union, the so-called third countries), even for personal consumption! Still, such products are regularly found by the authorities during luggage checks performed at the border. In 2017, 7,040 kg of food was confiscated by the experts from personal luggage.

ASF is a viral disease of domestic swine and wild boar. It was first detected in the European Union in 2014, in Lithuania. In Zakarpattia, near the Hungarian border, the occurrence of the disease was reported first by the Ukrainian authorities in December 2016. The disease was diagnosed in June 2017 in the Czech Republic in wild boars, and in July in Romania, in Satu Mare at a backyard farm.

ASF is spread through the contact between infected wild boars on the one hand, and through irresponsible human behavior on the other hand, for example, through the illegal traffic of meat and meat products from infected animals. While the rate of natural propagation in wild boars is 20 to 50 km per year, the virus can travel very long distances in a short time as a result of human activities. This happened in the case of the Czech Republic as well, where the disease appeared hundreds of kilometers away from previously infected areas of Europe.

Wild boars and domestic pigs can become infected with food waste coming from infected animals, that is why feeding pigs with food waste (swill) is prohibited by law. Compliance with this prohibition is one of the most important elements of the protection of the pig population and the prevention of ASF.

Whether we can prevent the disease from being introduced to Hungary is largely dependent on compliance with the law on the part of both livestock farmers and consumers. It is very important not only in infected areas but, in view of the epidemiological risk, also in Hungary for livestock farmers to comply with animal health laws. This includes prudent purchase of pigs, the use of preventive measures at livestock farms, or observing the ban on feeding swill to pigs. Travelers coming to Hungary from infected areas can contribute to the prevention of ASF by observing the ban on the import of meat and meat products.

Lajos Bognár, the national chief veterinarian has repeatedly asked the cooperation of livestock farmers and all stakeholders to prevent the introduction of the disease to Hungary. Much more information on the disease can be found on the website of the office (portal.nebih.gov.hu/asp).

Popular meat product also included in NFCSO product test

Parisians containing pork were inspected in the latest Supermint product test of the National Food Chain Safety Office (NFCSO). A total of 30 Parisians were tested, including sliced and bulk products. In the laboratory, it was verified whether these meat products met food safety requirements, and the criteria of the Hungarian Food Codex. In the case of one product, proceedings were initiated by the experts of the office because of quality complaints.

A total of 30 pork Parisians were tested by the staff of NFCSO. 17 sliced and 13 bulk products were compared, 27 of which were naturally flavored and 3 of them were smoke-flavored. In terms of their composition, 22 were produced using only pork, 7 contained pork and beef, and 1 contained pork and poultry meat. According to the regulations of the Hungarian Food Codex, only those products can be called „pork Parisian” which contain at least 51% meat, at least 70% of which is pork (35.7% pork based on the total weight of the product). The 30 Parisians tested were produced by 11 plants, 7 of which were Hungarian, 3 Austrian and 1 German.

In addition to the above, microbiological laboratory tests were also carried out by the food safety inspectors. Based on the microbiological tests performed it can be stated that, from a food safety point of view, each Parisian met the requirements.

Since August 1, 2017, it has been mandatory in the manufacturing practice to comply with those regulations, according to which the minimal meat content in Parisian was raised from the previous 40% to 51%, for example. Another criterion, set out in the Hungarian Food Codex for products named Parisian is that the amount of mechanically separated meat (MSM) cannot exceed 10% of the finished product.

Based on the results of the analytical tests, which were used by the experts of NFCSO to monitor the compliance with quality requirements, only one product had a problem. The water content of one of the Austrian Parisians named „wellness” (78.8 g/100 g) significantly exceeded the permissible value (70 m/m%), therefore, it was not compliant from a quality point of view. Authority proceedings were initiated by the experts of NFCSO against the producer in question, and a quality fine was imposed because of a quality defect.

The calcium content of each product was measured in the laboratory, based on which conclusions can be drawn regarding the amount of mechanically separated meat (MSM) used in the product. Exceptionally high calcium values may indicate large amounts of MSM used.

Among the 30 products analyzed during the test, several have been found, the packaging of which bore the inscription „gluten-free”, „lactose-free”, „soy-free” and „milk protein free”. It was analyzed by the experts, using laboratory methods, whether these claims were true. All the test were concluded with favorable results, i.e., the concentrations of the above-mentioned ingredients that the products were supposed to be free of were below the quantification limit of the analytical measurements, so they could indeed be considered “-free” products.

The popularity test was performed as usual also, which resulted in the Supermint ranking of pork Parisians. The 30 Parisians were tasted by expert and lay judges, as well as representatives of both manufacturers and vendors, with respect to the 5 aspects characteristic of the product range: cut surface, color, odor, consistency and flavor. In the Supermint popularity test, two groups of Parisians were tested by the judges, sliced and bulk products. Evaluations were carried out in a blind test system.

In the popularity test, one product was excluded by the judges, because of its sour taste, not characteristic of the product (the sour taste was presumably caused by the use of spoiled but heat-treated raw material). Even though the product excluded did comply with all chemical and microbiological requirements, but it was unsuitable for consumption, and because of its aftertaste it was not included in the ranking.

In the end, in the Supermint competition of sliced pork Parisians, Berger's Feine Extrawurst finished first. Pick's Nostalgia Parisian came in second, and Wiesbauer Dunahús's Delicate Parisian was third.

Among bulk pork Parisians, Pick's Nostalgia Parisian finished first. Berger's Feine Extra Parisian came in second, and Pick's Smoke-flavored Parisian was third on the podium.

More information and detailed test results are available on NFC SO's Supermint product test page: <http://szupermenta.hu/egy-igazi-klasszikusteszteltunk/>.

No major irregularities found by the 2017 winter seasonal food chain inspection

According to the January summary of the 2017 winter seasonal food chain inspection results, the picture is somewhat better compared to previous years. The series of inspections, carried out in December, had been ordered by Róbert Zsigó, state secretary of the Ministry of Agriculture, responsible for food chain supervision. In a total of 4,775 inspections in the food chain, fines of nearly 11.5 million HUF were imposed by the authority and 14,143 kg of food were recalled.

During the time of the now traditional year-end inspection series, primarily fresh meat, fish products, cured and smoked raw and cooked meat products, frankfurters, confectionery products, wines and champagnes, as well as seasonal fruits and vegetables were inspected by food chain safety experts. The operation was coordinated by the National Food Chain Safety Office.

The main purpose of the seasonal inspection was to contribute to the full compliance with food safety and quality requirements in the period with increased turnover before the holidays. It is in part due to the recurring series of tests that each year food entrepreneurs start the season more prepared, and so no major irregularities were revealed in 2017.

Hygiene deficiencies have been identified most often by the experts, in 3.5% of the inspections, which is a 1% increase over the previous year. In 2017, the number of irregularities regarding product quality and composition have increased somewhat, as well as those regarding the qualifications and suitability of workers. On the other hand, the number of traceability deficiencies have decreased from 2.2% to 1.6%.

Over a period of one month, 3,441 units in the food chain were inspected by the experts of NFC SO, 563 of which were food producers, 2,003 were food distributors, and 875 were catering establishments. Of the 16,569 domestic and foreign food items examined, only 311 items (1.9%) had to be withdrawn from circulation, totaling 14,143 kg nationwide. The proportion of withdrawn items dropped significantly compared to the previous year (it was 4.2% in 2016).

Due to the irregularities found during the operation, 64 warnings were issued, activities were limited on 25 occasions, while fines were imposed in 143 cases.



INTELLIGENS. INTUITÍV. INNOVATÍV. Új **Agilent** INTUVO 9000 GC

Moduláris és click-and-run felépítés: Guard Chip, Flow Chip, planáris kolonna.

Közvetlen, gyors felfűtés.

Felhasználóbarát, színes, érintőképernyős kijelző.

Távvezérlési lehetőség.



Agilent Technologies

Authorized Distributor

Kromat Kft. | 1112 Budapest, Péterhegyi út 98. | Telefon: +36 1 248 2110 | Fax: +36 1 319 8547 | E-mail: info@kromat.hu

www.kromat.hu

EFSA

<https://www.efsa.europa.eu/en/news>

Felülvizsgált biztonságos 3-MCPD beviteli érték növényi olajokban és élelmiszerekben



Az EFSA szakemberei egy aktualizált tudományos megközelítést alkalmaztak abból a célból, hogy újraértékeljék a 3-MCPD mint élelmiszer-feldolgozási szennyező anyag esetleges hosszú távú káros hatásait a vesére és a férfi termékenységre.

Az élelmiszerekkel elfogyasztott 3-MCPD mennyisége a legtöbb fogyasztó számára biztonságosnak tekinthető, de felmerültek egészségügyi aggodalmak a fiatalabb korú nagy fogyasztók esetében. A legrosszabb esetben tápszert kapó csecsemők bevitelére kis mértékben meghaladhatja a biztonságos szintet.

A 3-monoklóropándiol (3-MCPD) nevű vegyület és rokon vegyületei a 3-MCPD észterek élelmiszer-feldolgozási szennyező anyagok, amelyek bizonyos feldolgozott élelmiszerekben és növényi olajokban, főleg pálmaolajban fordulnak

elő. A 3-MCPD és észterei főleg olajfinomítási folyamatok során jönnek létre.

Az EFSA szennyező anyagokkal foglalkozó szakértői csoportja először 2016-ban vizsgálta meg a 3-MCPD potenciális kockázatát, egy másik élelmiszer-feldolgozási szennyező anyaggal, a glicidil-zsír-sav-észterekkel (GE-k) együtt. Az EFSA arra a következtetésre jutott, hogy a GE közegészségügyi szempontból aggodalomra ad okot, mivel genotoxikus és rákkeltő, azaz károsíthatja a DNS-t és rákot okozhat.

Az Európai Bizottság most véglegesíti azt az új EU jogszabályt, amelynek célja a GE szintjének csökkentése a növényi olajokban és élelmiszerekben.

A jelenlegi frissítés csak a 3-MCPD-re és észterekre vonatkozik, az EFSA GE-re vonatkozó korábbi értékelését nem érinti.

Új bizonytalansági megközelítés a javaslatok „átláthatóbbá és robusztusabbá” tételére

Az EFSA egy összehangolt megközelítést dolgozott ki az élelmiszer-biztonság, illetve az állat- és növényegészségügy bizonytalanságainak értékelésére és figyelembe vételére. Ez a megközelítés növeli a kapott tudományos javaslatok átláthatóságát, és azokat robusztusabbá teszi a döntéshozatalhoz.

Az EFSA Tudományos Bizottságának a tudományos értékelések bizonytalanságára vonatkozó útmutatása a tudományos módszerek

és technikai eszközök változatos eszköztárát kínálja a bizonytalansági elemzéshez. Kellőképpen rugalmas ahhoz, hogy olyan szerteágazó területeken is alkalmazni lehessen, mint a növényi kártevők, a mikrobiológiai veszélyek, vagy a vegyi anyagok.

Tony Hardy Professzor, a Tudományos Bizottság elnöke így nyilatkozott: „2016 óta teszteljük, finomítjuk és folyamatosan átdolgozzuk a bizonytalansági elemzésre vonatkozó új megközelítésünket, kihasználva az EFSA partnereivel és a szélesebb nyilvánossággal folytatott nyílt konzultációkat. Az új megközelítést az EFSA minden tudományos tevékenységi területén kipróbáltuk, így rendkívül sokat tanultunk annak alkalmazhatóságáról.”



A megközelítést két külön dokumentum írja le: egy rövid, felhasználóbarát útmutató gyakorlati instrukciókkal és tippekkel, és egy alátámasztó tudományos szakvélemény a részletes tudományos érveléssel és módszerekkel.

A hosszú távú cél az, hogy a bizonytalanságra vonatkozó új útmuta-

tó egy fontos állomása legyen az EFSA összes tudományos értékelésének.

Fokozódó Listeria-fertőzések a veszélyeztetett csoportokban



Nőtt a Listeria esetek száma a népesség két csoportja körében: a 75 év feletti és a 25-44 éves nők között (az utóbbi vélhetően a terhességhez kapcsolódik). Ez az egyik legfontosabb következtetése az EFSA-nak a Listeria monocytogenes-ről, valamint a szennyezett, fogyasztásra kész élelmiszerek közegészségügyi kockázatairól szóló tudományos szakvéleményének. A szakvélemény 2008 és 2015 közötti időszakra vonatkozik.

A szakemberek azután kezdtek el a tudományos szakvéleményen dolgozni, hogy a 2015-ös, zoonózis megbetegedésekről szóló uniós összefoglaló jelentés növekvő tendenciát azonosított a listeriózis esetek számában a 2009-2013-as időszakban.

Az EFSA szakemberei arra a következtetésre jutottak, hogy a listerió-

zis gyakoribb előfordulása az idősök körében valószínűleg összefüggésbe hozható a krónikus betegségekben, mint például rákban és cukorbetegségben szenvedő 45 év feletti nők arányával.

A tendenciához hozzájárulhatott a növekedés a fogyasztásra kész élelmiszerek forgalmában, valamint bizonyos tagállamokban a jobb ellenőrző rendszer is.

A legtöbb ember a fogyasztásra kész élelmiszerek, mint például füstölt és pácolt hal, hőkezelt hús, vagy puha és félpuha sajtok fogyasztása során fertőződik meg. Azonban más élelmiszerek, mint például az előre elkészített saláták, ugyancsak fertőzéshez vezethetnek.

A szakértők becslése szerint a listeriózis esetek egyharmada az otthon elkészített és hűtőben tárolt élelmiszerekben növekedésnek indult *Listeria monocytogenes*-nek köszönhető. Ez kiemeli a jó higiéniai gyakorlatok követésének fontosságát, mint például az ajánlott tárolási hőmérsékletek és idők betartását. Nemzetközi szervezetek, mint az Egészségügyi Világszervezet, azt ajánlják, hogy az élelmiszereket 5 °C alatti hőmérsékleten tároljuk.

Food Safety News:

<http://www.foodsafetynews.com/>

Vezérigazgatója eheti bejelentése szerint lehetséges, hogy a Lactalis, a világ egyik legnagyobb tejipari csoportja, több, mint egy évtizede Salmonel-

lával fertőzött babatej állított elő.



A francia cég 12 millió doboz tejet hívott vissza Franciaországban és számos más országban, mivel tavaly csecsemők betegedtek meg, miután a nyugat-franciaországi Craonban található Lactalis üzemben gyártott tejet ittak.

A Salmonella-fertőzések életveszélyesek lehetnek, különösen a kisgyermek számára. Csütörtökön a Reuters beszámolt arról, hogy a Lactalis vezérigazgatója, Emmanuel Besnier azt nyilatkozta, hogy a növekvő élelmiszer-biztonsági válság valószínűleg száz millió euróba kerül a vállalatnak.

Besnier elmondta a francia *Les Echos* újságnak, hogy ugyanez a Salmonella törzs volt felelős egyes fertőzésekért 2005-ben, hozzáteve, hogy elképzelhető, hogy az esetek forrása akkor és azóta történt megbetegedések esetén is az üzem volt.

2005-ben a craoni üzem tulajdonosa a Lactalis által 2006-ban felvásárolt cég, a Celia volt.

„Nem zárható ki, hogy ebben az időszakban

a csecsemők fertőzött tejet fogyaszthattak”, mondta Besnier.

A mikroorganizmusokat és megbetegedéseket monitorozó Institut Pasteur elmondta, hogy 2005 óta több mint 200 csecsemő fertőződött meg Salmonella Agona-val Franciaországban, közülük 38-an 2016 augusztusának közepe és december között. 2006 és 2017 között 25 megerősített megbetegedés volt, 2005-ben pedig 141, számolt be a Reuters.

A francia egészségügyi hatóságok szerint 2016-ban a 38 esetből 36 egyértelműen a Lactalis tejhez volt köthető, csakúgy, mint egy eset Spanyolországban, és egy feltételezett eset Görögországban. Az áldozatok családjait képviselő csoport szerint legalább 10 további megbetegedés történt.

A magántulajdonban lévő vállalat európai, afrikai és ázsiai országok tucatjaiba exportálja termékeit. Végeznek értékesítést az Egyesült Államokban is, de a visszahívott babatejből amerikai forgalmazóknál eddig nem találtak.

A múlt hónapban a francia hatóságok átkutattak öt Lactalis-telephelyet, beleértve a craoni üzemét. Besnier elmondta, hogy az utóbbi üzemben hosszú időre bezártak egy gyáregységet.

Kanada még több fagyasztott kókusz hív vissza. A döntés az amerikai járványhoz köthető.

Folyamatban van egy harmadik visszahívás Kanadában, amely

ugyanazt a gyártmányú fagyasztott, darált kókuszdiót érinti, amely amerikai tisztviselők szerint egy több államra kiterjedő, a határ mindkét oldalán megbetegedéseket okozó Salmonella-járványhoz köthető.

A kanadai Élelmiszer-felügyeleti Ügynökség által hétfőn kiadott harmadik visszahívás a Coconut Tree márkájú fagyasztott kókuszdiót nevezte meg. A tételszám ugyanaz, mint a Coconut Tree márkájú kókuszdióé a második visszahívásban, de a dátumkód más. Mind a második, mind a harmadik visszahívás a Thai Indochine Trading Inc.-et jelöli meg visszahívó céggént.



A Coconut Tree márkájú termék első kanadai visszahívása január 24-én a Green Field és a Captain's Choice márkákat is magában foglalta. A visszahívás nem nevezett meg importőrt vagy forgalmazót, csak annyit állított, hogy az „iparág” kezdeményezte a visszahívást.

EFSA

<https://www.efsa.europa.eu/en/news>

Revised safe intake for 3-MCPD in vegetable oils and food

EFSA's experts have used an updated scientific approach to reassess the possible long-term adverse effects of the food processing contaminant 3-MCPD on the kidney and male fertility.

Consumption levels of 3-MCPD in food are considered safe for most consumers but there is a potential health concern among high consumers in younger age groups. In the worst case scenario, infants receiving formula only may slightly exceed the safe level.

The chemical 3-monochloropropane diol (3-MCPD) and related substances called 3-MCPD esters are food processing contaminants found in some processed foods and vegetable oils, mainly palm oil. 3-MCPD and its esters are formed unintentionally in these foods, in particular during oil refining processes.

EFSA's expert panel on contaminants first assessed the potential risks of 3-MCPD in 2016 together with another food processing contaminant called glycidyl fatty acid esters (GE). EFSA concluded that GE are a concern for public health because they are genotoxic and carcinogenic, i.e. they can damage DNA and cause cancer.

The European Commission is finalising new EU legislation aimed at

reducing GE levels in vegetable oils and food.

The current update is for 3-MCPD and its esters only and EFSA's previous assessment of GE has not changed.

New uncertainty approach to make advice 'more transparent and robust'

EFSA has developed a harmonised approach to assessing and taking account of uncertainties in food safety, and animal and plant health. This approach will boost the transparency of the resulting scientific advice and make it more robust for decision-making.

The EFSA Scientific Committee guidance on uncertainty in scientific assessments offers a diverse toolbox of scientific methods and technical tools for uncertainty analysis. It is sufficiently flexible to be implemented in such diverse areas as plant pests, microbiological hazards and chemical substances.

Prof Tony Hardy, Chair of the Scientific Committee said: "Since 2016, we have tested, refined and tailored our new approach to uncertainty analysis, benefiting from open consultations with EFSA's partners and the wider public. Crucially, we learnt a great deal about how to apply the new approach by trialling it across all EFSA's scientific areas of activity.

The approach is described in two separate documents: a short

user-friendly guidance with practical instructions and tips, and a supporting scientific opinion with all the detailed scientific reasoning and methods.

The long-term goal is that the new guidance on uncertainty will be an integral step in all EFSA's scientific assessments.

Listeria infections increase in vulnerable groups

Listeria cases have increased among two groups of the population: people over 75 and women aged 25-44 (believed to be mainly pregnancy-related). This is one of the main conclusions of an EFSA scientific opinion on Listeria monocytogenes and risks to public health from consumption of contaminated ready-to-eat food. The opinion covers the period 2008-2015.

Experts began work on the scientific opinion after the 2015 EU summary report on foodborne zoonotic diseases identified an increasing trend of listeriosis over the period 2009-2013.

EFSA experts concluded that the higher incidence of listeriosis among the elderly was likely linked to the increased proportion of people aged over 45 with underlying health conditions, such as cancer and diabetes.

The rise in consumption of ready-to-eat foods and an improved monitoring system in some Member States may

also have contributed to this trend.

Most people get infected through the consumption of ready-to-eat foods such as smoked and cured fish, heat treated meat and soft and semi-soft cheese. However, other foods – such as prepared salads – can also lead to infections.

Experts estimated that one third of cases of listeriosis are due to growth of Listeria monocytogenes in food prepared and stored at home in the refrigerator. This highlights the importance of following good hygiene practices, such as respecting recommended storage temperatures and times. International organisations such as the World Health Organization advise that foods should be refrigerated below 5°C.

Food Safety News

<http://www.foodsafetynews.com/>

CEO says firm may have sold contaminated baby milk for years

Lactalis, one of the world's largest dairy groups, may have been producing Salmonella-contaminated baby milk for more than a decade, its CEO was quoted as saying this week.

The French company has recalled 12 million cans of milk in France and several other countries since babies got sick last year after drinking milk produced at a Lactalis factory in Craon in western France.

Salmonella infections can be life-threatening, particularly for young children. On Thursday, Reuters reported that Lactalis CEO Emmanuel Besnier said the growing food safety crisis will likely cost the company hundreds of millions of euros.

The same strain of Salmonella was responsible for some infections in 2005, Besnier told French newspaper Les Echos, adding it was possible the factory was the source for those cases, and others since.

In 2005, the factory in Craon was owned by Celia, a company taken over by Lactalis in 2006.

"It cannot be excluded that babies have consumed infected

milk over this period," Besnier said.

The Institut Pasteur, which monitors micro-organisms and diseases, said more than 200 babies in France had been infected with Salmonella Agona since 2005, including 38 between mid-August and December 2016. There were 25 confirmed illnesses between 2006 and 2017 and 141 in 2005, Reuters reported.

French health authorities have said 36 of the 38 cases in 2016 were clearly linked to Lactalis milk, as was one in Spain and a suspected one in Greece. A group representing victims' families says there were at least 10 more cases.

The privately owned company exports its

products to dozens of countries in Europe, Africa and Asia. It also sells in the United States, but none of the recalled baby milk has been traced to U.S. distributors so far.

Last month, French authorities searched five Lactalis sites, including the Craon plant. Besnier said a facility at that plant has been closed and will stay that way.

Canada recalls more frozen coconut linked to U.S. outbreak

A third recall is underway in Canada for the same brand of frozen, shredded coconut that U.S. officials say is linked to a multi-state Salmonella outbreak that has sick-

ened people on both sides of the border.

Posted Monday, the third recall notice from the Canadian Food Inspection Agency named Coconut Tree brand frozen coconut. It has the same lot number as the Coconut Tree brand coconut in the second recall, but it has different date codes. Both the second and third recalls indicate Thai Indochine Trading Inc. is the recalling firm.

The first Canadian recall of the Coconut Tree branded product, on Jan. 24, also included Green Field and Captain's Choice brands. It did not specify an importer or distributor, merely stating "industry" had initiated the recalls.



Akadályozza meg a termék visszahívásokat, óvja meg terméke védjegyét!

Az alábbi egyszerű megoldásokkal emelheti a higiéniá szintjét:



UltraSnap

Ellenőrizze a felületek tisztaságát
15 másodperces UltraSnap ATP tesztel!



MicroSnap tesztek

MicroSnap total teszt - 7 órás összecsírászám meghatározás, lehetővé teszi a javító intézkedések gyorsabb elrendelését, a késztermék gyorsabb felszabadítását.



AllerSnap

Hygiéna szintestíjével fehére maradványok kimutatásával a felületeken maradt allergéneket vizsgálhatjuk.



InSite Listeria

Mutassa ki a listeria törzseket vagy a Listeria monocytogenest egyetlen színteszttel felületi mintákból!



www.bentleylabor.hu

Bentley Magyarország Kft.
8000 Székesfehérvár, Kálmos utca 2.
hungary@bentleyinstruments.com
Tel.: +36 22 414 100



Az étrendi expozíció-vizsgálatok bizonytalanságának megállapítása és jelentése - II. rész: A bizonytalansági sablon alkalmazása az expozíció megállapításának egy gyakorlati példája esetén

David Tennant^a, Diana Bánáti^{b*}, Marc Kennedy^c, Jürgen König^d, Cian O’Mahony^e, Susanne Kettler^{f,1}

^aFood Chemical Risk Analysis, 20 Deneside, East Dean, BN20 0JG, UK

^bILSI Europe a.i.s.b.l., Avenue E. Mounier 83, Box 6, 1200 Brussels, Belgium

^cFera, Sand Hutton, YO41 1LZ, UK

^dDepartment of Nutritional Sciences, University of Vienna, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria

^eCrème Global, Trinity Technology and Enterprise Campus, Grand Canal Quay, Dublin, Ireland

^fThe Coca-Cola Company, Chaussée De Mons 1424, 1070 Brussels, Belgium

*Corresponding author. E-mail address: publications@ilsieurope.be (D. Bánáti).

¹Present address: Wrigley GmbH, Biberger Strasse 18, 82008 Unterhaching, Germany.

Összefoglalás

Egy korábbi publikáció ismertette a módszereket az étrendi expozíció-vizsgálatok bizonytalanságának megállapítására és jelentésére. Ez a következő publikáció egy esettanulmányt alkalmaz a bizonytalanság kockázatkezelők felé történő bemutatására és kommunikálására vonatkozó javaslatok kidolgozására.

Az esettanulmányban az aszpartám nevű élelmiszer-összetevőre alkalmazunk egy egyszerű determinisztikus modellt (az EFSA FAIM - Food Additives Intake Model - sablont) és egy kifinomultabb, probabilisztikus expozíció-értékelő szoftvert (FACET - Flavourings, Additives, and food Contact Materials Exposure Tool). Mindkét modellezési megközelítés esetén azonosítjuk és táblázatosan megadjuk a paraméterek és a modellek bizonytalanságait. Az egyes bizonytalansági források relatív fontosságát ezután egy félkvantitatív skála segítségével értékeljük, és az eredményeket két különböző grafikai módon fejezzük ki.

Ezt követően tárgyaljuk ennek a megközelítésnek az értékét a bizonytalanságok olyan módon történő kifejezésében, amely releváns az expozíció megállapítása során és hasznos a kockázatkezelők számára. Megfigyelhető volt, hogy a bizonytalanságok többsége gyakran nem magához a modellhez, hanem az adatok forrásához köthető. Összességében azonban a modellezési módszerek különbségei gyakorolhatják a legnagyobb hatást a bizonytalanságokra, különösen akkor, ha az alapul szolgáló adatok megegyeznek. Arra a következtetésre jutottunk, hogy a jövőben a legnagyobb erőfeszítést megkövetelő kutatási területnek a bizonytalanságoknak a kockázatkezelők felé történő kommunikálására szolgáló módszerek fejlesztése tekinthető.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Food and Chemical Toxicology 109 (2017) 68e80

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Assessing and reporting uncertainties in dietary exposure analysis - Part II: Application of the uncertainty template to a practical example of exposure assessment

David Tennant^a, Diana Bánáti^{b*}, Marc Kennedy^c, Jürgen König^d, Cian O’Mahony^e, Susanne Kettler^{f,1}

^aFood Chemical Risk Analysis, 20 Deneside, East Dean, BN20 0JG, UK

^bILSI Europe a.i.s.b.l., Avenue E. Mounier 83, Box 6, 1200 Brussels, Belgium

^cFera, Sand Hutton, YO41 1LZ, UK

^dDepartment of Nutritional Sciences, University of Vienna, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria

^eCrème Global, Trinity Technology and Enterprise Campus, Grand Canal Quay, Dublin, Ireland

^fThe Coca-Cola Company, Chaussée De Mons 1424, 1070 Brussels, Belgium

*Corresponding author. E-mail address: publications@ilsieurope.be (D. Bánáti).

¹Present address: Wrigley GmbH, Biberger Strasse 18, 82008 Unterhaching, Germany.

Abstract

A previous publication described methods for assessing and reporting uncertainty in dietary exposure assessments. This follow-up publication uses a case study to develop proposals for representing and communicating uncertainty to risk managers.

The food ingredient aspartame is used as the case study in a simple deterministic model (the EFSA FAIM - Food Additives Intake Model - template) and with more sophisticated probabilistic exposure assessment software (FACET - Flavourings, Additives, and food Contact Materials Exposure Tool). Parameter and model uncertainties are identified for each modelling approach and tabulated. The relative importance of each source of uncertainty is then evaluated using a semi-quantitative scale and the results expressed using two different forms of graphical summary.

The value of this approach in expressing uncertainties in a manner that is relevant to the exposure assessment and useful to risk managers is then discussed. It was observed that the majority of uncertainties are often associated with data sources rather than the model itself. However, differences in modelling methods can have the greatest impact on uncertainties overall, particularly when the underlying data are the same. It was concluded that improved methods for communicating uncertainties for risk management is the research area where the greatest amount of effort is suggested to be placed in future.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Food and Chemical Toxicology 109 (2017) 68e80

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Packaging Technology and Science

PACKAGING TECHNOLOGY AND SCIENCE

Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/pts.2221

Outlook and Challenges of Nanotechnologies for Food Packaging

By Yves Wyser,¹ Michael Adams,² Maurizio Avella,³ David Carlander,⁴ Leonor Garcia,⁵ Gabriele Pieper,⁶ Monique Rennen,⁷ Jeroen Schuermans^{8*} and Jochen Weiss⁹

¹Nestlé Research Center, Lausanne 26, Switzerland
²Food and Drug Administration, College Park, MD USA
³Institute for Polymers, Composites and Biomaterials – CNR, Pozzuoli (NA), Italy
⁴Nanotechnology Industries Association – NIA, Woluwe-Saint-Pierre, Belgium
⁵Coca-Cola Company, Brussels, Belgium (current: Plastic-sEurope, Brussels, Belgium)
⁶Tetra Pak, Stuttgart, Germany
⁷TNO, Zeist, The Netherlands
⁸ILSI Europe, Brussels, Belgium
⁹University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

Nanotechnology has been considered to have high potential for food packaging applications very early on. The ability to provide additional consumer benefits through the improvement of key properties of packaging materials and the creation of new functionalities means that the increased use of nanomaterials and nanotechnologies is highly likely. It has however up to now failed to reach the widespread use that was initially expected, mainly because of remaining uncertainties on the safety of these materials during the various stages of their life-cycle, which limit legal and consumer acceptance. This paper aims at presenting the latest developments in the field of nanotechnologies for food packaging applications, describing the legal framework linked to their usage and attempts to clarify the current knowledge of the safety of these materials both for the consumer and the environment. It is shown that particulate migration into foodstuff is absent in many applications, which drastically reduces the potential risk during the use phase of packaging materials, i.e. the exposure of the consumer to nanoparticles. Other release routes are also evaluated, showing that, although safe in normal use conditions, prudence should still be used, especially with regard to release after disposal of the materials. Copyright © 2016 The Authors Packaging Technology and Science Published by John Wiley & Sons Ltd

Received 9 January 2014; Revised 1 April 2016; Accepted 20 April 2016

KEY WORDS: benefits; migration; fate; characterization; risk analysis

INTRODUCTION

The concept of nanotechnology refers to the manipulation of materials at a nanometric scale to benefit from the specific physico-chemical properties occurring in this size range. The concept was first mentioned in a speech by Richard Feynman given in December 1959 at the annual meeting of the American Physical Society.¹ Theoretical knowledge and analytical tools were developed over the next two decades leading to the discovery of fullerenes in 1985 (resulting in a Nobel prize in 1996)² and carbon nanotubes a few years later.³ From the early days nanotechnology was identified by the packaging industry as a potential enabler of increased functionality in packaging materials. This was initially in the domain of barrier and

^{*}Correspondence to: Jeroen Schuermans, ILSI Europe, Avenue E. Mounier 83, Box 6 B-1200 Brussels, Belgium.
E-mail: publications@ilsieurope.be
This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2016 The Authors Packaging Technology and Science Published by John Wiley & Sons Ltd

A nanotechnológiák kilátásai és kihívásai az élelmiszer-csomagolásban

By Yves Wyser¹, Michael Adams², Maurizio Avella³, David Carlander⁴, Leonor Garcia⁵, Gabriele Pieper⁶, Monique Rennen⁷, Jeroen Schuermans^{8*}, and Jochen Weiss⁹

¹Nestlé Research Center, Lausanne 26, Switzerland

²Food and Drug Administration, College Park, MD USA

³Institute for Polymers, Composites and Biomaterials – CNR, Pozzuoli (NA), Italy

⁴Nanotechnology Industries Association – NIA, Woluwe-Saint-Pierre, Belgium

⁵Coca-Cola Company, Brussels, Belgium (current: Plastic-sEurope, Brussels, Belgium)

⁶Tetra Pak, Stuttgart, Germany

⁷TNO, Zeist, The Netherlands

⁸ILSI Europe, Brussels, Belgium

⁹University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

*Correspondence to: Jeroen Schuermans, ILSI Europe, Avenue E. Mounier 83, Box 6 B-1200 Brussels, Belgium. E-mail: publications@ilsieurope.be

Összefoglalás

A nanotechnológiáról a kezdetektől fogva úgy gondolták, hogy nagy lehetőségek rejlenek benne az élelmiszer-csomagolási alkalmazások számára.

A további fogyasztói előnyök nyújtásának képessége a csomagolóanyagok kulcsfontosságú tulajdonságainak javítása és új funkciók létrehozása révén azt jelenti, hogy nagyon valószínű a nanoanyagok és nanotechnológiák fokozott használata. Mindazonáltal az eredetileg elvárt széles körű alkalmazás eddig nem valósult meg, főleg azért, mert még mindig vannak olyan bizonytalanságok ezen anyagok biztonságossága tekintetében életciklusuk különböző szakaszaiban, amelyek korlátozzák jogi és fogyasztói elfogadottságukat.

Ennek a dolgozatnak a célja a legfrissebb nanotechnológiai fejlesztések bemutatása az élelmiszer-csomagolási alkalmazások területén, leírva a használatukhoz kapcsolódó jogi kereteket, valamint megkíséreljük ezeknek az anyagoknak a biztonságosságára vonatkozó jelenlegi tudás tisztázását, mind a fogyasztók, mind a környezet tekintetében.

Bemutatjuk, hogy sok alkalmazás esetén nincs jelen az anyagrészecskék vándorlása az élelmiszerekbe, ami drasztikusan csökkenti a potenciális kockázatot a csomagolóanyagok felhasználása során, vagyis a fogyasztók nanorészecskéknél való expozícióját. Egyéb kibocsátási utakat szintén értékelünk, bemutatva, hogy bár normál felhasználási körülmények között ezek az anyagok biztonságosak, körültekintőnek kell lenni, különös tekintettel az eldobás utáni kibocsátásra.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2016 The Authors **Packaging Technology and Science** Published by John Wiley & Sons Ltd

Outlook and Challenges of Nanotechnologies for Food Packaging

By Yves Wyser¹, Michael Adams², Maurizio Avella³, David Carlander⁴, Leonor Garcia⁵, Gabriele Pieper⁶, Monique Rennen⁷, Jeroen Schuermans⁸, and Jochen Weiss⁹

¹Nestlé Research Center, Lausanne 26, Switzerland

²Food and Drug Administration, College Park, MD USA

³Institute for Polymers, Composites and Biomaterials – CNR, Pozzuoli (NA), Italy

⁴Nanotechnology Industries Association – NIA, Woluwe-Saint-Pierre, Belgium

⁵Coca-Cola Company, Brussels, Belgium (current: PlasticsEurope, Brussels, Belgium)

⁶Tetra Pak, Stuttgart, Germany

⁷TNO, Zeist, The Netherlands

⁸ILSI Europe, Brussels, Belgium

⁹University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

*Correspondence to: Jeroen Schuermans, ILSI Europe, Avenue E. Mounier 83, Box 6 B-1200 Brussels, Belgium. E-mail: publications@ilsieurope.be

Abstract

Nanotechnology has been considered to have high potential for food packaging applications very early on.

The ability to provide additional consumer benefits through the improvement of key properties of packaging materials and the creation of new functionalities means that the increased use of nanomaterials and nanotechnologies is highly likely. It has however up to now failed to reach the widespread use that was initially expected, mainly because of remaining uncertainties on the safety of these materials during the various stages of their life-cycle, which limit legal and consumer acceptance.

This paper aims at presenting the latest developments in the field of nanotechnologies for food packaging applications, describing the legal framework linked to their usage and attempts to clarify the current knowledge of the safety of these materials both for the consumer and the environment.

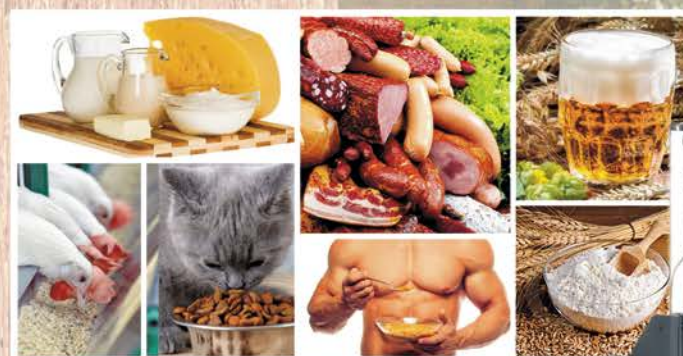
It is shown that particulate migration into foodstuff is absent in many applications, which drastically reduces the potential risk during the use phase of packaging materials, i.e. the exposure of the consumer to nanoparticles. Other release routes are also evaluated, showing that, although safe in normal use conditions, prudence should still be used, especially with regard to release after disposal of the materials.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2016 The Authors **Packaging Technology and Science** Published by John Wiley & Sons Ltd

NITROGÉN / FEHÉRJE ANALIZÁTOROK

Egyetlen, évekig stabil kalibrációval mérhető valamennyi mintaféleség szabványosan!



- élelmiszerek
- talajok, növények
- gabonák, tápok
- bioiszapok vizsgálatához



Egyedülálló előnyök:

- * gyors és olcsó mérés: 4 perc/minta (napi >300 minta)
- * makro bemérés: 1g-ig / 5g-ig, detektálás: 500 mg N abs.
- * egyszerű felépítés, olcsó üzemeltetés CO2 gázzal, felügyelet nélkül
- * önregeneráló redukciós egység: karbantartás 2000 mérésenként
- * megbízható eredmények, kétfokozatú tökéletes égetés
- * évekig stabil kalibráció - egyetlen kalibráció minden mintára
- * extrém hosszú élettartam: a fő egységekre **10 év garancia**
- * bemérés 5mL-es acéltégelybe, mintaelőkészítés nélkül (MAX)

Szerzőink / Authors

(The affiliation of authors in English can be find on the bottom of first page of relevant articles)

BARNA Sarolta Dr.

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal / National Food Chain Safety Office

BIRÓ György Dr.

nyugalmazott egyetemi tanár Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar
retired university professor, Semmelweis University, Faculty of Health Sciences

BOGNÁR Lajos Dr.

Földművelésügyi Minisztérium
Ministry of Agriculture

FRUM Zsuzsanna

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
National Food Chain Safety Office

KASZA Gyula Dr.

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
National Food Chain Safety Office

KURUCZ Csilla

Magyar Szabványügyi Testület
Hungarian Standards Institution

KUJBUS Vanda Réka

University of Copenhagen, Faculty of Science

MIKULKA Petra

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
National Food Chain Safety Office

SZAKOS Dávid

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
National Food Chain Safety Office

SZEDLJAK Ildikó Dr.

Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Gabona- és Iparinövény Technológia Tanszék
Szent István University, Faculty of Food Science, Department of Grain and Industrial Plant Processing

SZIGETI Tamás Dr.

WESSLING Hungary Kft.
WESSLING Hungary Ltd.

SZUNYOGH Gábor

WESSLING Hungary Kft.
WESSLING Hungary Ltd.

Kiadó / Publisher: Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Nonprofit Kft. / Wessling International Research and Educational Centre Nonprofit Beneficial Ltd. / **HU ISSN 0422-9576**

Felelős kiadó / Director: Dr. ZANATHY László ügyvezető igazgató / CEO

Főszerkesztő / Editor in chief: Dr. SZIGETI Tamás János

Szerkesztő / Editor: Dr. POPOVICS Anett, SZUNYOGH Gábor

Angol fordítás / English translation: Dr. HANTOSI Zsolt

Fotó illusztrációk készítése / Art photo designer: TOLOKÁN Adrienn

Honlap adminisztrátor / web admin.: JUHÁSZ Péter

Szerkesztőbizottság / Editorial Board: AMBRUS Árpád Dr. (*ny. egy. tanár, NÉBIH főtanácsadó / ret. univ. prof., NFCSO chief advisor*) • BÁNÁTI Diána Dr. (*c. egy. tanár, SZIE; tud. igazgató, ILSI Brüsszel / hon. univ. prof., SZIU; sci. director, ILSI Bussels*) • BARNA Sarolta Dr. (*ig. NÉBIH KÉI / dir. NFCSO Directorate of Risk Assessment*) • BÉKÉS Ferenc Dr. (*az MTA külső tagja, igazgató, FBFD PTY LTD NSW Ausztrália / External Member of Hung. Acad. Sci., director of FBFD PTY LTD NSW Australia*) • BIACS Péter Dr. (*ny. egy. tanár, SZIE / ret. univ. prof. SZIU*) • BIRÓ György Dr. (*ny. egy. tanár, SOTE Egészségtudományi Kar / ret. univ. prof., SMU Faculty of Health Sci.*) • BOROSS Ferenc Dr. (*üv. elnök, EOQ MNB / executive chairman, EOQ HNC*) • CSAPÓ János. Dr. (*ny. egy. tanár, Sapientia Egyetem Kolozsvár / ret. univ. prof., Sapientia Univ. Cluj-Napoca*) • DANK Magdolna Dr. (*egyetemi tanár Semmelweis Egyetem Onkológiai Intézet / uni. prof. Semmelweis University, Inst. of Oncology*) • FARKAS József Dr. (*ny. egy. tanár, akadémikus / ret. univ. prof., academician*) • GYIMES Ernő Dr. (*egy. docens, Szegedi Egyetem Mérnöki Kar / univ. docent, Univ. Szeged Faculty of Eng.*) • GYŐRI Zoltán Dr. (*ny. egy. tanár, Debreceni Egyetem / ret. univ. prof., Univ. Debrecen*) • HANTOSI Zsolt Dr. (*angol nyelvi lektor, WESSLING Hungary Kft. / english lector, WESSLING Hungary Kft.*) • HUSZTI Zsolt Dr. (*Váli MEGÉR-TÉSZ / Prod. and Market. Cooperatives Vál*) • KASZA Gyula Dr. (*elnöki tanácsadó / presidential advisor, NÉBIH*) • KOVÁCS Béla Dr. (*egy. tanár, Debreceni Egyetem / univ. prof., Univ. Debrecen*) • KURUCZ Csilla (*szabványosító menedzser, MSZT / standardization manager, HSI*) • MARÁZ Anna Dr. (*egy. tanár, SZIE / univ. prof., SZIU*) • MOLNÁR Pál Dr. (*egy. tanár, elnök, EOQ MNB / univ. prof., chairman, EOQ HNC*) • NAGY Edit (*főtitkár, MAVÍZ / secretary general, Hungarian Water Utility Association*) • POPOVICS Anett Dr. (*szerkesztő, Wessling Közhasznú Nonprofit Kft. / editor, Wessling Nonprofit Ltd.*) • SALGÓ András Dr. (*ny. egy. tanár, BME / ret. univ. prof. / BTU*) • SÁRDI Éva Dr. (*egyetemi tanár SZIE Genetika és Növénynevelés Tanszék / univ. prof. Dept. of Genetics and Plant Breeding*) • SIPOS László Dr. (*egy. docens, SZIE / univ. docent, SZIU*) • SOHÁR Pálné Dr. (*ny. főo. vez., NÉBIH / ret. head of dept., NFCSO*) • SZABÓ S. András Dr. (*tanár, Ward Mária Gimnázium / prof., Ward Mária High School*) • SZEITZNÉ SZABÓ Mária Dr. (*igh., NÉBIH KÉI / deputy director, NFCSO Directorate of Risk Assessment*) • SZIGETI Tamás János Dr. (*főszerkesztő, Wessling Közhasznú Nonprofit Kft. / editor in chief, Wessling Nonprofit Ltd.*) • SZUNYOGH Gábor (*szerkesztő, Wessling Közhasznú Nonprofit Kft. / editor, Wessling Nonprofit Ltd.*) • TÖMÖSKÖZI Sándor Dr. (*egy. docens, BME / univ. docent, BTU*) • VARGA László Dr. (*egy. tanár, Ny-Mo Egy. Élelmiszer-tud. Intézet / univ. prof., Univ. of West Hungary, Inst. for Food Sci.*) • WESSLING, Diana (*a családi vállalkozás képviselője, résztulajdonos / representative family business, share holder, WESSLING Holding GmbH & Co. KG, Altenberge, Germany*) • ZANATHY László Dr. (*felelős kiadó, ügyvezető ig., Wessling Közhasznú Nonprofit Kft. / CEO Wessling Nonprofit Ltd.*)

Nyomdai előkészítés / Layout dtp: Adworks Kft., E-mail: info@adworks.hu

Nyomda / Press office: Készült a Possum Kft. gondozásában. (1093 Budapest, Lónyay utca 43.)

Elérhetőségeink/Contact: H-1045 Budapest, Anonymus utca 6., Telefon/Phone: +36 1 872-3600, +36 1 872 3621; Fax: +36 1 435 01 00, Mobil phone: +36 30 39 69 109, E-mail: eviko@wirec.eu; Web: www.eviko.hu

Előfizetés, hirdetés / subscription, advertising: Dr. Popovics Anett, Tel. +36 30 638 5584, E-mail: eviko@wirec.eu, *Előfizetési díj egy évre/Subscription for one year: bruttó 4200 Ft. /15 €.*

2015-től minden előfizetőnk gratísz lehetőséget kap a folyóirat digitális változatának letöltésére is. From 2015 the subscription includes both the printed and digital version (every subscriber will get the printed journal and additionally gratis a possibility to download the electronic version too).

A lap 1000 példányban jelenik meg, negyedévente. / This journal appears in 1,000 copies every quarter.

Minden jog fenntartva! / All right reserved!

A hivatkozással nem rendelkező képek illusztrációk. / The pictures without any references are illustrations.

A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül tilos a kiadvány bármilyen eljárással történő sokszorosítása, másolása, illetve az így előállított másolatok terjesztése. / Without the written permit of the publisher, duplication, copying or dissemination of this paper by any way is prohibited.

Az Élelmiszervizsgálati Közleményeket a Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Nonprofit Kft. adja ki a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatallal (NÉBIH) együttműködve. / This Journal of Food Investigation is issued by the Wessling International Research and Educational Centre Beneficial Nonprofit Ltd. with cooperation the National Food Chain Safety Office (NÉBIH).

A szakfolyóiratot a következő figyelő szolgáltatások vették jegyzékbe és referálják / The Journal of Food Investigation is have been referred and listed by the next monitoring services: SCOPUS, SCIMAGO, MATARKA (Magyar folyóiratok tartalomjegyzéke/Hungarian Periodicals Table of Contents), Thomson Reuters, Elsevier's Abstracting and Indexing Database

WESSLING

WESSLING Nemzetközi Kutató és Oktató
Központ Közhasznú Nonprofit Kft. (WIREC)

nébih
termőföldtől
az asztalig

WWW.HAPPYFISHHUNGARY.HU



HappyFish-projekt a boldog halakért

Az „Új kockázatkezelési modellrendszer fejlesztése a víz- és élelmiszerbiztonság növelése érdekében a haltermékvonalon”, röviden HappyFish elnevezésű projekt **a tótól az asztalig végigkíséri a haltermék minőségét befolyásoló tényezőket.**

- **Káros vegyületek vizsgálata:** víz- és üledékvizsgálat, környezetbiztonsági és humán-egészségügyi szempontok, növényvédő-szerek, a gyógyszermaradványok és más szerves és szervetlen mikroszennyezők.
- **Biodetoxifikáció:** megoldások a szennyezőanyagok biológiai úton történő lebomlására, mérgező vagy káros végtermékek nélkül.
- **Stresszhatások mérése:** a legkorszerűbb molekuláris biológiai módszerek fejlesztésével mérik a halakat ért különböző stresszhatásokat.
- **A feldolgozási technológia vizsgálata:** a késztermék minőségét a termelésen túl nagyban befolyásolja a feldolgozási technológia.

A Happy Fish projekt legfőbb céljai:

- a minőségi halhús kritériumainak leírása,
- a halhús minőségét befolyásoló anyagok meghatározása tótól az asztalig,
- határérték-javaslatok kidolgozása a haltermékek jogi szabályozásához.

Konzorciumi tagok:

WESSLING Hungary Kft. független vizsgálatlaboratórium (a konzorcium vezetője)

Szent István Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézete

Szent István Egyetem Hűtő- és Állattermék Tanszék

The Fishmarket Kft.

SKC Consulting Kft.

A Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program pályázatot a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal írta ki, a vissza nem térítendő támogatást a Magyar Állam nyújtja.

A HappyFish projektről bővebben a **www.happyfishhungary.hu** honlapon tájékozódhat!

WESSLING
Életünk minősége

SZENT ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZET-
TUDOMÁNYI KAR, GÖDÖLLŐ

FISHMARKET

SKC HOLDING

**AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROGRAM**

Egy drámaian más ICP-MS

A **Thermo Scientific iCAP RQ ICP-MS** analitikai teljesítményben és az egyszerű kezelhetőségben drámaian különbözik a korábbi készülékektől. Az új RQ Cell flatapol technológia a jelenleg elérhető legjobb kimutatási határokat biztosítja a teljes analízis idő akár 50%-os csökkenése mellett. A néhány kattintással elérhető automatizált beállítások segítségével gyorsan fejleszthet megbízható mérési módszereket, anélkül hogy az ICP-MS technika szakértője lenne. Az egyszerű karbantartás és a rendkívül kompakt méretek költséghatékony üzemeltetést biztosítanak.

nyomelem analízisre

• thermofisher.com/icaprq



iCE 3000 AA család
Innovatív dizájn, automatikus váltás a láng és grafitkemence üzemmódok között



iCAP 7000 Plus ICP-OES család
Az elérhető legnagyobb teljesítményű ICP-OES megbízható rutin multielemes analízisre



iCAP RQ ICP-MS
Kiemelkedő teljesítményre, termelékenységére és egyszerű használatra tervezve



iCAP TQ ICP-MS
Valódi hármas kvadrupól ICP-MS a nagy kihívást jelentő mintákra



Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.

1144 Budapest, Kőszeg utca 27.

Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

UNICAM