



ISSN 2676-9042

Vol 5, 1 (special issue), 2023.

Safety and Security Sciences Review

international, peer-reviewed, professional and
scientific journal of safety and security sciences

2023, V. évf. 1. különszám

Biztonságtudományi Szemle

a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált,
szakmai és tudományos folyóirata

**Food Safety
SPECIAL ISSUE**

**Élelmiszer-biztonság
KÜLÖNSZÁM**

Prof. Dr. BÁNÁTI Diána | Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD

editors by special issue

a különszám szerkesztői



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

The cover features an artwork created by tengr.ai's artificial intelligence algorithm. | A borítón a tengr.ai mesterséges intelligencia algoritmusával készített alkotás látható.

© tengr.ai, 2023

The Military Science Committee of the 9th Department of Economics and Law of the Hungarian Academy of Sciences classified our journal as a "C" category.

Folyóiratunkat a Magyar Tudományos Akadémia IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztályának Hadtudományi Bizottsága „C” kategóriás folyóiratnak minősítette.

The Safety and Security Sciences Review is a classified journal by Hungarian Science Bibliography.

A Biztonságtudományi Szemle a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) által minősített folyóirat.

Our journal is indexed by the following databases

Folyóiratunkat a következő adatbázisok indexelik

EBSCO



Electronic Periodicals Archive & Database

Elektronikus Periodika Adatbázis

<https://epa.oszk.hu/04100/04186>



Hungarian Periodicals Table of Contents Database

Magyar folyóiratok tartalomjegyzékeinek kereshető adatbázisa

https://matarka.hu/szam_list.php?fsz=2267&nyelv=hun



Digital Archives of Óbuda University

Óbudai Egyetem Digitális Archívum



Országos Széchényi Könyvtár - Digitális Könyvtár

National Széchényi Library Digital Library

OSZK Digitális Könyvtár

<https://oszkdk.oszk.hu/DRJ/39186>



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Global Serials Directory | Globális Sorozatok Könyvtára

<http://ulrichsweb.serialssolutions.com/title/1678275514425/863974>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata
<p style="text-align: center;">COLUMNS</p> <p style="text-align: center;">Material Safety Philosophy and History of the Safety and Security Security Policy Security Systems Security Awareness Domotics Health Security Food Safety Economic Security War Security and Law Enforcement Information Security Industrial and Operational Safety Legal and Social Security Book Review Security of Environment Traffic Safety Facility Security Private Security Artificial Intelligence Safety and Security in General Technical Security Fire Safety and Disaster Management</p>	<p style="text-align: center;">ROVATOK</p> <p style="text-align: center;">Anyagbiztonság Biztonságfilozófia és -történet Biztonságpolitika Biztonságtechnika Biztonságtudatosság Domotika Egészségbiztonság Élelmiszer-biztonság Gazdasági biztonság Hadbiztonság és rendvédelem Információbiztonság Ipar- és üzembiztonság Jog- és társadalombiztonság Könyvismertetés Környezetbiztonság Közlekedésbiztonság Létesítménybiztonság Magánbiztonság Mesterséges intelligencia Munkabiztonság Műszaki biztonság Tűzbiztonság és katasztrófavédelem</p>
<p>The aim of the journal is to publish studies, research reports, book reviews for professionals working in the field of security science or related sciences, or for those interested in the subject of the broadly disciplinary framework of military technical sciences, and for security awareness and developing a safety culture. We know that the cultivation of security sciences includes the study of the history of military and law enforcement security, as well as the knowledge of the historical aspects of our field of science, and its development. We are working towards to present the latest theoretical models and empirical research findings in our journal. We believe that our Journal and our authors can contribute to the creation of a world that enables a (more) secure life for all the inhabitants of the Earth by knowing the historical past and examining the events of the present with precision and accuracy.</p> <p>Published quarterly, typically in Hungarian, occasionally in a foreign language. Special and/or thematic issues related to conferences and topics are occasionally published in Hungarian or in foreign languages.</p> <p>Only those papers will be published which reviewed by two independent reviewers and recommended suitable for publication in the Safety and Security Sciences Review. The submitted manuscripts must meet the requirements both of the form and the content which can be found in the journal's website. Please note: we will not return unapproved manuscripts.</p> <p>The studies of the staff and students of Óbuda University, published in the Journal, are recorded by the staff of the University Library at the Hungarian Scientific Works Library (MTMT).</p>	<p>A folyóirat célja a biztonságstudomány területén, vagy ahhoz kapcsolódó területeken dolgozó szakemberek, vagy a téma iránt érdeklődők számára a katonai műszaki tudományok, s így a biztonságstudomány tágan értelmezett diszciplináris keretébe tartozó tanulmányok, kutatási jelentések, beszámolók, könyvismertetések megjelentetése, s ennek révén a biztonság-tudatosság és a biztonsági kultúra fejlesztése. Tudjuk, hogy a biztonságstudományok művelésébe beletartozik a had-, rendészeti- és biztonsággtörténet vizsgálata, tudományterületünk történeti és történelmi vetületeinek, s így fejlődésének megismerése. Azon dolgozunk, hogy Folyóiratunkban bemutassuk jelenkorunk legújabb teoretikus modelljeit és empirikus kutatási eredményeit. Hiszünk benne, hogy Folyóiratunk és szerzőink a történelmi múlt ismeretével, a jelenkor eseményeinek precíz és akkurátus vizsgálatával hozzá tudunk járulni egy olyan világ megteremtéséhez, amelyik lehetővé teszi a Föld minden lakója számára a biztonságos(abb) életet.</p> <p>Megjelenés negyedévente, jellemzően magyar, eseti jelleggel idegen nyelven. Konferenciákhoz és témákhoz kapcsolódóan különszámok, tematikus számok alkalmi jelleggel magyar, vagy idegen nyelven jelennek meg.</p> <p>A Biztonságtudományi Szemle folyóiratban csak két független lektor által lektorált és megjelentetésre alkalmasnak tartott tanulmányok jelenhetnek meg. A beküldött kéziratoknak formai és tartalmi szempontból egyaránt meg kell felelnie a Folyóirat weboldalán közzétett elvárásoknak. El nem fogadott kéziratokat nem áll módunkban visszaküldeni.</p> <p>Az Óbudai Egyetem munkatársainak és hallgatóinak a Folyóiratban megjelent tanulmányait az Egyetemi Könyvtár munkatársai rögzítik a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT).</p>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

ISSN 2676-9042

<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

Food Safety SPECIAL ISSUE	Élelmiszer-biztonság KÜLÖNSZÁM
editors by special issue	a különszám szerkesztői
Prof. Dr. BÁNÁTI Diána banati@mk.u-szeged.hu	Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD kollar.csaba@uni-obuda.hu
technical editor of the special issue	a különszám technikai szerkesztője
GULYÁS Nikolett gulyasn@mk.u-szeged.hu	

Edited by Editorial Board | **Szerkeszti a Szerkesztőbizottság**

Chairman of the Editorial Board | A Szerkesztőbizottság elnöke

Prof. Dr. RAJNAI Zoltán

rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu

Scientific Secretary of the Editorial Board, person responsible for editing | A szerkesztőbizottság tudományos titkára, a szerkesztésért felelős személy

Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD

kollar.csaba@uni-obuda.hu

Members of the Editorial Board | A szerkesztőbizottság tagjai

Prof. Dr. BÁNÁTI Diána banati@mk.u-szeged.hu

BEREK László berek.laszlo@lib.uni-obuda.hu

Prof. Dr. BEREK Tamás berek.tamas@uni-nke.hu

Prof. Dr. BESENYŐ János besenyo.janos@uni-obuda.hu

Prof. Dr. CVETITYANIN Livia cpinter.livia@bgk.uni-obuda.hu

Prof. Dr. Dragan JOVANOVIĆ draganj@uns.ac.rs

Prof. Dr. Jeffrey KAPLAN kaplan@uwosh.edu

Dr. habil. KOVÁCS Tünde PhD kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Cyprian Aleksander KOZERA PhD c.kozera@akademia.mil.pl

Prof. Dr. Maashutha Samuel TSHEHLA samuel@sun.ac.za

Prof. Dr. Manuela TVARONAVIČIENĖ manuela.tvaronaviciene@vgtu.lt

Dr. habil. NAGY Rudolf PhD nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

Staff of the Editorial Board | A szerkesztőbizottság munkatársai

BELÁZ Annamária, SZALÁNCZI-ORBÁN Virág

English language lecturer | Angol nyelvi lektor

Dr. BEKE Éva PhD

Technical editor | Technikai szerkesztő

HARTMANN László

Editorial office | Szerkesztőség

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Biztonságtudományi Doktori Iskola

1081 Budapest, Népszínház utca 8.

Publisher | Kiadó

Óbudai Egyetem, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B.

Responsible for publishing | A kiadásért felel

Prof. Dr. KOVÁCS Levente

Rector of the Óbuda University | az Óbudai Egyetem rektora

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

The Journal's Professional-Scientific Advisory Board	A Folyóirat Szakmai-Tudományos Tanácsadó Testülete
---	---

Chairman of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület elnöke

Prof. Dr. GODA Tibor DSc.

Az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola vezetője

Members of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület tagjai
in alphabetical order | ABC sorrendben

Prof. Dr. HAIG Zsolt mk. ezredes

A Nemzeti Közszerológálati Egyetem Katonai Múszaki Doktori Iskola vezető helyettese
A Védelmi elektronika, informatika és kommunikáció kutatási terület vezetője

Prof. Dr. KÓNYA Zoltán DSc.

A Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. KORINEK László akadémikus

A Magyar Rendészettudományi Társaság elnöke

LONTAI Márton

A Nemzeti Szakértői és Kutató Központ főigazgatója

Prof. Dr. PADÁNYI József DSc. mk. vezérőrnagy

A Nemzeti Közszerológálati Egyetem Katonai Múszaki Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. RÉGER Mihály DSc.

Az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola vezetője

TIKOS Anita

WOMEN IN IT SECURITY (WITSEC) Egyesület elnökségi tagja

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 5, No 1 (special issue), 2023.

2023. V. évf. 1. különszám

Authors of this issue

E számunk szerzői

AMBRUS Árpád

ambrusadr@yahoo.co.uk

AMBRUS Árpád is a chemical engineer (MSc), candidate of chemical sciences, honorary university professor, IUPAC Fellow, and member of the MTA Food Safety Subcommittee. He received the Silver Cross of Merit award, and the IUPAC International Award for Advances in Harmonized Approaches to Crop Protection Chemistry. He was the Honorary Scientist of the Agricultural Academy of Korea and the Chinese Academy of Science for 5–5 years.

He managed the Hungarian Pesticide Analytical Laboratories, and the pesticide program of the FAO/IAEA Training and Reference Centre and provided lectures at 14 international training courses. Moreover, he acted as FAO and UNIDO scientific adviser in 12 countries. He chaired the CCMAS, and represented Hungary in the CCPR for 14 years, and was a member of the FAO/WHO JMPR (1973-2016). He teaches at the Doctoral Schools of the University of Debrecen. He supervised 6 Ph.D. aspirants, published over 110 peer-reviewed scientific papers and 10 books.

AMBRUS Árpád vegyészmérnök, a kémiai tudományok kandidátusa, címzetes egyetemi tanár és IUPAC Fellow. Megkapta a Magyar Érdemrend Ezüst Kereszt, valamint a IUPAC Nemzetközi Érdemrend kitüntetésekét. Öt évig tiszteletbeli kutatója volt a Kínai és a Koreai Tudományos Akadémiáknak. Irányította a magyar növényvédőszer-maradék analitikai laboratóriumok, valamint a FAO/IAEA Továbbképző központ munkáját, előadásokat tartott FAO, UNIDO továbbképzéseken 14 országban, elnökölt az Analitikai és Mintavételi Kódex Bizottság ülésein, képviselte Magyarországot a Növényvédőszer-maradékok Kódex Bizottság ülésein és tagja volt a FAO/WHO JMPR-nak (1973-2016). A Debreceni Egyetem Doktori Iskolájának oktatója.

Irányította 6 aspiráns PhD értekezésének elkészítését, 110 tudományos cikket és 10 könyvet publikált.

BÁNÁTI Diána

banati@mk.u-szeged.hu

Following her graduation in Food Science and Technology (MSc) in Budapest, HU, Prof. Bánáti earned in rapid succession further university degrees (ML in Law, MA in Teaching, CSc, PhD). She became the youngest ever Director General of the internationally recognised Central Food Research Institute (2000-2011). In her impressively distinguished career, a particularly important landmark was her election to the prestigious functions of Vice-Chair and Chair of the Management Board of EFSA, the European Food Safety Authority (2006-2012). She was the Executive and Scientific Director of the International Life Sciences Institute, Europe (2012-2016). She is elected Fellow of the International Academy of Food Science and Technology (IAFoST) and elected member of Academia Europaea. Currently, she is Full Professor, Rector's Commissioner (agri-food) and Vice-Dean for Science at the University of Szeged (HU).

BÁNÁTI Diána élelmiszer-tudományi és -technológiai területen szerzett mérnöki diplomáját (MSc) követően gyors egymásutánban további egyetemi diplomákat szerzett (tanári (MA), mérnök-jogász (MA), majd a mezőgazdasági tudományok kandidátusa (CSc) lett. Ő lett a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet legfiatalabb főigazgatója (2000-2011). Pályafutása során különösen fontos mérföldkő volt, hogy az Európai Élelmiszer-biztonsági Hivatal, az EFSA Igazgató Tanácsának alelnöki, majd elnöki tisztségébe választották (2006-2012). Ezt követően a Nemzetközi Élettudományi Intézet (International Life Sciences Institute) európai ügyvezető és tudományos igazgatója volt (2012-2016). A Nemzetközi Élelmiszer-tudományi és -technológiai Akadémia (IAFoST) választott tagja, valamint az Academia Europaea választott tagja. Jelenleg egyetemi tanár, rektori megbízott és tudományos dékánhelyettes a Szegedi Tudományegyetemen (HU).

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

KISS Annamária Nikolett

KissAnna@nebih.gov.hu

My name is Nikolett Annamária KISS, I graduated as a food engineer at Szent István University, and then I obtained a degree in food safety and quality engineer at Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (predecessor: Szent István University). Since 2019, I have been working at the National Food Chain Safety Office, Risk Management directorate as a food safety referent. My main tasks at work are related to novel foods at national and international level.

KISS Annamária Nikolett vagyok, élelmiszermérnökként végeztem a Szent István Egyetemen, majd okleveles élelmiszer-biztonsági – és minőségi végzettséget szereztem a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen. 2019 óta dolgozom a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Kockázat-kezelési Igazgatóságán kockázatkezelési referens pozícióban. Munkám során az új élelmiszerekkel kapcsolatos hazai és nemzetközi feladatokat látom el.

KÓNYA Zoltán

konya@chem.u-szeged.hu

Zoltan KONYA was born in Hungary in 1971. He received his M.Sc. (1994) and Ph.D. (1998) from the University of Szeged. He is full professor of chemistry, head of the Doctoral School of Environmental Sciences, and vice rector for Scientific Affairs & Innovation at the University of Szeged. Dr. Kónya published 400+ papers in refereed scientific journals and co-authored 15 book chapters. The cumulative impact factor of the papers is more than 1800 and so far they received ~11000 independent citations. His Hirsch-index is 58 (SCOPUS). He holds 13 national and international patents. His research interest is the development of new nanostructured materials and their application to real chemical, environmental, biological and biomedical objects. He regularly teaches at all levels of higher education and supervises thesis/dissertation work. He is a jury member and reviewer for international research funds and for several prestigious journals, including Catalysis Letters and Chem. Mater.

KÓNYA Zoltán 1971-ben született Magyarországon. Vegyész (1994) és kémia tudományok PhD (1997) oklevelet szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Egyetemi tanár, az SZTE Környezettudományi Doktori Iskolájának vezetője, az SZTE Tudományos és Innovációs rektorhelyettese. Több, mint 400 nemzetközi publikáció társszerzője, a publikációk kumulatív impakt faktora több mint 1800, független hivatkozásainak száma ~11000. Hirsch-indexe 58 (Scopus), 13 szabadalomban társhelfaláló. Kutatási területe új nanostrukturált anyagok kifejlesztése és valós kémiai, környezeti, biológiai és orvosbiológiai objektumokra való alkalmazása. Rendszeresen oktat minden felsőoktatási képzési szinten; számos diplomamunka, doktori disszertáció témavezetője. Számos szakfolyóirat szerkesztőbizottsági tagja, bírálója, nemzetközi kutatási alapok szakbírálója.

KOZMA Gábor

kozmag@chem.u-szeged.hu

Dr. Gábor KOZMA was born in Kazincbarcika in 1981. After the high school studies, he was admitted to the University of Szeged as Environmental Sciences student in 2002. In 2007 he graduated with “summa laude” qualification, and then he was admitted to the Doctoral School of Environmental Sciences of the University of Szeged. He also received his doctorate “summa laude” in 2017. Since 2011 he has been working in the Department of Applied and Environmental Chemistry, currently as a research fellow. His scientific interest is in researching nanotechnology, mechanochemistry and environmental

Dr. KOZMA Gábor 1981-ben született Kazincbarcikán. Középfiskolai tanulmányai után 2002-ben a Szegedi Tudományegyetem környezettudományi szakára nyert felvételt. 2007-ben summa cum laude minősítéssel végzett, majd felvételt nyert a Szegedi Tudományegyetem környezettudományi doktori iskolájába. Doktori fokozatát szintén summa cum laude minősítéssel 2017-ben vette át. 2011 óta az Alkalmazott és Környezeti Kémiai tanszék munkatársaként dolgozik, jelenleg, mint tudományos munkatárs. Tudományos érdeklődését a nanotechnológia, a mechanokémia és a környezettechnológia kutatása jelenti.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

technology. He actively participates in university education, where he serves as a lecturer in 7 courses, 2 exercises and 4 lab exercises. It currently records 82 national and international publications, for which a total of 469 independent references have been made so far, the cumulative impact factor of all publications is 115.6

Aktívan vesz részt az egyetemi oktatásban, ahol 7 kurzus, 2 gyakorlat és 4 laborgyakorlat vezetőoktatói szerepét tölti be. Jelenleg 82 hazai és nemzetközi publikációt jegyez, melyekre eddig összesen 469 független hivatkozás született, a publikációk kumulatív hatástényezője 115,6.

MACZÓ Anita

maczoa@nebih.gov.hu

I graduated at the Corvinus University of Budapest as food engineer with biotechnology specialization in 2009. Later I have started my research work at the Central Food Science Research Institute, my research area was investigation of allergenic plant proteins. I started my doctoral study at the Doctoral School of Food Science at the Corvinus University of Budapest in 2010 and I defended my dissertation in 2015. Since 2015 I work at the National Food Chain Safety Office as a food safety referent, where my expertise is novel food authorization.

A Budapesti Corvinus Egyetemen (jogutód MATE) szereztem okleveles élelmiszermérnök diplomát biotechnológia szakirányon 2009-ben. Ezután Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézetben kezdtem meg kutatói pályafutásomat, ahol kutatási területem allergén növényi fehérjék vizsgálata volt. 2010-ben megkezdtem doktori tanulmányaimat a Budapesti Corvinus Egyetem (jogutód MATE) Élelmiszer-tudományi Doktori Iskolájában és 2015-ben sikeresen megvédtem disszertációm. Később a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal munkatársa lettem, ahol jelenleg kockázatkezelési referensként dolgozom, szakterületem az új élelmiszerek engedélyezése.

RÓNAVÁRI Andrea

ronavari@chem.u-szeged.hu

Andrea RÓNAVÁRI pursued her M.Sc. (2011) and Ph.D. degree (2017) in Environmental Science at the University of Szeged. Currently, she is a research fellow at the Department of Applied and Environmental Chemistry. Her current research focuses on the biological activity of nanostructures; in particular the possibilities of using metal based nanoparticles in environmental remediation and as therapeutic agents in nanomedicine. She co-authored 29 peer reviewed papers and has over 900 independent citations. She received Apáczai Csere János Doctoral Grant (2013), OTP Pro Talentis Industrial Scholarship (2014), FEMS Young Scientist Meeting Grant (2013, 2019), Hungarian Society for Microbiology – Young Researcher Grant (2016, 2018) and Hungarian Academy of Sciences – János Bolyai Postdoctoral Research Grant (2021) and OTKA postdoctoral grant (2022). She gives lectures on chemistry practices, renewable energy sources and bionanotechnology, and is a supervisor of undergraduate students.

RÓNAVÁRI Andrea 2011-ben végzett a Szegedi Tudományegyetem környezettudományi szakán, majd 2017-ben PhD oklevelet szerzett. Jelenleg az SZTE Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszékének tudományos munkatársa. Kutatómunkája során a nanostruktúrák biológiai aktivitására fókuszál, különös tekintettel a fémalapú nanorészecskék környezeti remediációban és terápiás szerként való alkalmazására. 29 nemzetközi publikáció társszerzője, független hivatkozásainak száma ~900. Hirsch-indexe 16 (Scholar). Apáczai Csere János Doktori Ösztöndíjban (2013), OTP Pro Talentis Ipari Ösztöndíjban (2014) és Magyar Mikrobiológiai Társaság Fiala Kutatói Ösztöndíjban (2016, 2018) részesült. A Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Posztdoktori Kutatási Ösztöndíj (2021) és OTKA posztdoktori ösztöndíj (2022) nyertese. Oktatási tevékenysége során megújuló energiaforrások és bionanotechnológia előadásokat tart, laboratóriumi gyakorlatok vezetője, egyetemi hallgatók témavezetője és rangos szakfolyóiratok bírálója.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

SZALÁNCZI-ORBÁN Virág

szalancziorbán.virág@uni-obuda.hu

SZALÁNCZI-ORBÁN Virág logistics manager, economist. Currently a PhD candidate at the Doctoral School of Security Sciences of the University of Óbuda. Research interests: logistics, network science, information security, logistics systems, supply chain. Title of the research topic: Increasing the role of logistics in Hungary with the participation of systems logistics, security sciences and other interdisciplinary disciplines.

SZALÁNCZI-ORBÁN Virág Logisztikaimenedzser, közgazdász. Jelenleg az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskolájában doktorjelölt. Kutatási terület: logisztika, hálózattudomány, információbiztonság, logisztikai rendszerek, ellátási lánc. Kutatási téma címe: Rendszerlogisztikai, biztonságstudományi és más interdiszciplináris tudományágak közreműködésével Magyarország logisztikai szerepének növelése.

SZENCZI-CSEH Júlia

julia_cseh@yahoo.de

Freelancer food safety expert and translator. 21 years of professional experience in the field of food safety, with experience in official food inspection, food sampling, risk assessment, crisis management, communication, and independent expert activity. Completing her doctoral thesis entitled *Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed* (2017), she elaborated an uncertainty estimation method of the methodology used to determine the amount of toxic compounds via food consumption. Since then, she has regularly co-authored publications on food safety risk assessment. Number of her publications: 35.

Független élelmiszer-biztonsági szakértő, szakfordító. 21 évnyi szakmai tapasztalat élelmiszer-biztonsági munkakörben, a hatósági élelmiszer-ellenőrzés, élelmiszer-mintavétel, kockázatbecslés, válságkezelés, kommunikáció területén, szabadúszó szakértői tevékenység terén szerzett gyakorlattal. Doktori munkáját *A fogyasztók növényvédőszer-maradék expozíciója bizonytalanságát befolyásoló tényezők* címmel készítette el 2017-ben, melyben az elfogyasztott élelmiszerekkel a szervezetbe kerülő toxikus vegyületekmennyiségi meghatározásához alkalmazottmetódika bizonytalanság-becslési módszerét dolgozta ki. Azóta rendszeresen társszerzője élelmiszer-biztonsági kockázatértékelések témájú publikációknak (35).

SZENDRŐ Éva

szendro.eva@uni-mate.hu

My professional work is intrinsically linked to the food economy and the food industry. In my work, I strive to make my professional and legal experience in the competitive sector and in the administration of the agri-food sector as effective as possible through my teaching activities. I am committed to playing an active role in the preparation of future food industry professionals, nurturing talent, showcasing opportunities and engaging students in academia. I take an active role in the organisation of professional forums, curriculum updating and the university's professional and public activities. I am regularly involved in the organisation and evaluation of professional presentations organised by the technology departments, in final examinations, and I am the thesis and dissertation supervisor for a number of theses. I am an active participant and organiser of the res-

Szakmai munkásságom szervesen kötődik az élelmiszergazdasághoz és az élelmiszeriparhoz. Mind a versenyszférában, mind az agrár-, és élelmiszer ágazati igazgatásban szerzett szakmai és jogi tapasztalatok hasznosítására és átadására való törekvésem az oktatási tevékenységem kiegészítője. Feladatomnak tartom a jövő élelmiszeripari szakembereinek felkészítésében való aktív részvételt, a tehetséggondozást, a lehetőségek bemutatását és a hallgatók bevonását a tudományos életbe. Aktív szerepet vállalom szakmai fórumok szervezésében, tananyag korszerűsítésben, az egyetem szakmai-közéleti tevékenységében. Rendszeresen részt veszek a technológiai tanszékek által szervezett szakmai beszámolókon és azok értékelésében, záró szigorlatokon, illetve számos szakdolgozat és diplomamunka témavezetője vagyok. Aktív résztvevője és szervezője vagyok a minden-

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

pective TDK (OTDK) events. As vice-president of the MATE Talent Council, I am also responsible for the coordination of the professional colleges in addition to my teaching activities.

kori TDK (OTDK) eseményeknek. A MATE Tehetség Tanácsának, szakkollégiumi alelnökéként az oktatói tevékenységen túl a szakkollégiumok koordinálását is végzem.

SZEPESI-BENCSIK Dóra

bencsikd@mk.u-szeged.hu

I work at the Institute of Food Engineering of the Faculty of Engineering of the University of Szeged as an associate professor. I completed my studies at the Szent István University, now known as the Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, as Animal Husbandry Engineer (BSc) and Ecotoxicologist (MSc). I obtained my PhD in animal husbandry, also at this institution. During my PhD work, I studied by-product compounds remaining during traditional water disinfection technologies. I started my career at the Department of Aquaculture of Szent István University, where I worked in the largest zebrafish laboratory in Hungary, mainly on projects dealing with toxicology, molecular biology and developmental biology. At my current workplace, I use the acquired knowledge in education, as I teach food toxicology at MSc and PhD courses and continue to participate in toxicology-themed projects.

A Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának Élelmiszermérnöki Intézetében dolgozom, mint főiskolai docens. Tanulmányaimat a Szent István Egyetemen, mai nevén Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen végeztem, Állattenyésztő mérnök (BSz), Okleveles ökotoxikológus (MSz) szakokon. PhD fokozatomat állattenyésztés-tudományból szereztem, szintén ebben az intézményben. PhD munkám során hagyományos víztisztítási technológiák során visszamaradó melléktermék vegyületek vizsgálatával foglalkoztam. Pályámat a Szent István Egyetem Halgazdálkodási tanszékén kezdtem, ahol Magyarország legnagyobb, zebradániákat tartó laboratóriumában dolgoztam, főként toxikológia, molekuláris biológia és fejlődésbiológia témákkal foglalkozó projekteken. Jelenlegi munkahelyemen az oktatásban kamatoztatom a megszerzett tudást, hiszen élelmiszertoxikológiát tanítok MSz és PhD képzéseken és továbbra is részt veszek toxikológiai témájú projekteken.

SZIGETI Tamás

tamas.szigeti@balintanalitika.hu

Dr. Tamás János SZIGETI received his first university diploma at the Plant Protection Faculty of University of Agricultural Sciences in Keszthely. Afterwards, he obtained a degree in agricultural environmental special engineering at the University of Agricultural Sciences in Gödöllő, followed by a degree in instrumental analytical engineering at the Faculty of Chemical Engineering of the Budapest Technical University. Stages of his professional career: Plant Protection and Agrochemical Station of County Fejér (pesticide-residue analytical laboratory engineer); Public Health and Epidemiological Station of County Fejér (occupational health laboratory engineer); Water Work of County Fejér (Head of Laboratory Analytical Instrumentation Group), Animal Health and Food Control Station of County Fejér (Deputy Director - Chief Engineer), WESSLING Hungary Ltd. Budapest (Business Development Director); Bálint Analitika Ltd. Budapest (Strategic Director). Specialised in instrumental chemical analytics, environmental and food testing, instrumental an-

Dr. SZIGETI Tamás János a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen szerezte alap-diplomáját növényvédelmi szakirányon. Ezt követően a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen mezőgazdasági környezetvédelmi szakmérnöki oklevelet, majd a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán műszeres analitikai szakmérnöki oklevelet szerzett. Szakmai pályafutásának állomásai: Fejér Megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás (növényvédő szer-maradék analitikus laboratóriumi mérnök); Fejér Megyei Közegészségügyi és Járványügyi Állomás (munkaegészségügyi laboratóriumi mérnök); Fejér Megyei Vízművek (laboratóriumi műszeres analitikai csoportvezető), Fejér Megyei Állategészségügyi és Élelmiszer—ellenőrző Állomás (igazgató-helyettes főmérnök), WESSLING Hungary Kft Budapest (üzletfejlesztési igazgató); Bálint Analitika Kft Budapest (stratégiai igazgató). Szakterülete a műszeres kémiai analitika, környezetvédelmi és élelmiszeripari vizsgálatok, műszeres analitika, élelmiszer- és környezeti kémiai toxikológia.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

alytics, food and environmental chemical toxicology. Associate Professor (University of Szeged), Associate Professor (University of Debrecen).

Címzetes főiskolai docens (Szegei Tudományegyetem), címzetes egyetemi docens (Debreceni Egyetem).

VIDÁCS Anita

vidacs@mk.u-szeged.hu

I am college associate professor at Institute of Food Engineering, Faculty of Engineering, University of Szeged. I studied Food Engineering at Master program and Quality Control Management course. At the BSc, I studied one semester at University of Copenhagen. I continued my study with PhD program, my the topic was *Investigation of the disinfectant and antimicrobial action of essential oils suitable for food industrial application*. Between my education programs, I worked at food companies to collect experiences. As student and as professor I participated as lecturer and poster presenter in Hungarian and International conferences too. At the Faculty, I teach microbiology, food safety and hygiene, I am the coordinator of Food Science and Technology Engineering Master program and the Committee Member of Faculty's Scientific Committee. My research topics are food safety, preservation effect of biological agents, edible insects. During my work, I like to motivate and help the students and to take part in the Erasmus and Ceepus program too. In my free time, I like to ride bike, travel and cook too.

A Szegei Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Élelmiszermérnöki Intézetében dolgozom főiskolai docensként. Élelmiszermérnök mester szakot illetve Minőségirányítási szakmérnök képzést végeztem. Az alapképzés során Koppenhágai Egyetemen tanultam egy félévet. A tanulmányaimat folytatva PhD képzést végeztem el, amely során a kutatási témám az *Élelmiszeriparban használható illóolajok fertőtlenítő és antimikrobiális hatásának vizsgálata* volt. Tanulmányaim közötti időben élelmiszeripari cégeknél dolgoztam, hogy tapasztalataimat bővíthessem. Hallgatóként és oktatóként részt vettem nemzetközi konferenciákon előadóként és poszter bemutatással is. A Karon mikrobiológiát, élelmiszer-biztonságot és higiénit oktatok, emellett a Food Science and Technology Engineering képzés koordinátora és a kari Tudományos Bizottság tagja vagyok. A kutatási témáim közé tartozik az élelmiszer-biztonság, biológiai hatóanyagok tartósító hatásának vizsgálata, az ehető rovarok. A munkám során szeretem motiválni és segíteni a hallgatókat illetve részt venni Erasmus és Ceepus programokban is. Szabadidőmben szeretek biciklizni, utazni és főzni.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 5, No 1 (special issue), 2023. | 2023. V. évf. 1. különszám

CONTENT | TARTALOM

BÁNÁTI Diána

Editorial preface | Szerkesztői előszó
1-4

VIDÁCS Anita

Food safety systems in general | Általánosságban az
élelmiszer-biztonsági rendszerekről
5-21

AMBRUS Árpád – SZENCZI-CSEH Júlia

Food safety Risk Analysis – | Élelmiszer-biztonsági kockázatelemzés –
Pesticide residues | növényvédőszer-maradékok
23-42

RÓNAVÁRI Andrea – KOZMA Gábor – KÓNYA Zoltán

Artificial nanomaterials in food industry | Mesterséges nanoanyagok az élelmiszeriparban
43-53

SZIGETI Tamás – BÁNÁTI Diána

Acrylamid in food products | Akrilamid az élelmiszerekben
55-76

KISS Annamária Nikolett – MACZÓ Anita

Are novel foods safe? | Biztonságosak-e az új élelmiszerek?
77-85

SZALÁNCZI-ORBÁN Virág

Food Supply and Supply Chains | Élelmiszer ellátási és ellátási láncok helyzete
Post-Pandemic | a pandémia után
87-94

SZENDRŐ Éva Mónika

The academic aspects of | Az élelmiszerlánc védelmének
food chain protection | felsőoktatási aspektusai
95-107

SZEPESI-BENCSIK Dóra

Major dangers of | Az ivóvíz biztonságát fenyegető,
drinking water safety today | főbb veszélyforrások napjainkban
109-117

BÁNÁTI Diána

Safety & security are basic human needs right after physiological needs. Nutrition, eating and drinking, as the most basic human needs, implies the need for safe food and drinking water.

The safety of our animal and plant products, processed foods and meals, food safety, is a fundamental determinant of our health. Both short-term effects, such as viruses, certain pathogenic bacteria or toxins present in large quantities, and the long-term effects of carcinogenic, teratogenic and mutagenic compounds that are regularly ingested in small doses, can be lethal. Other physical, chemical and biological hazards in food can also pose serious risks to our health.

Physical hazards can include metal, wood, glass, plastic fragments accidentally introduced into food during large-scale food production. Physical hazards include radioactivity. A variety of chemical hazards can cause food safety problems, mainly toxins that enter food naturally (e.g. mycotoxins produced by moulds), chemical residues (e.g. pesticide residues, antibiotics, hormones) and other chemicals that enter food from crop and animal production and improper food processing. Among the biological hazards, viruses and bacteria (which can be both spoilage and pathogenic bacteria) are already well known, as are prion proteins. We are increasingly hearing about food allergens (e.g. peanuts, milk, eggs, celery, etc.) and food intolerances (e.g. lactose).

Foods can also be a major contributor to the development of certain non-communicable diseases (NCDs) through their composition. Many people suffer from cardiovascular diseases (CVDs), type 2 diabetes and tumours as a result of a poor and unbalanced

A biztonság az ember alapvető igénye rögtön a fiziológiai szükségletek kielégítése után. A táplálkozás, az evés és ivás, mint egyik legalapvetőbb emberi szükséglet magában hordozza az élelmiszerek és az ivóvíz biztonságosságának kívánalmát.

Állati és növényi eredetű terméyeink, termékeink, feldolgozott élelmiszereink és ételleink biztonságossága, az élelmiszer-biztonság (*food safety*) alapvetően meghatározza egészségünket. Mind a rövid távú hatások, például a vírusok, egyes patogén (kórokozó) baktériumok vagy nagy mennyiségben jelen lévő mérgező anyagok, toxinok, mind pedig a kis dózisban viszont rendszeresen a szervezetünkbe kerülő karcinogén (rákkeltő), teratogén (magzati károsító) és mutagén (az örökítő anyagot károsító) vegyületek hosszú távú hatása letális lehet. Az élelmiszerekben előforduló egyéb fizikai, kémiai és biológiai veszély források (*hazards*) is súlyosan veszélyeztetik egészségünket.

Fizikai veszélyforrások lehetnek a nagyüzemi élelmiszer előállítás során véletlenül az élelmiszerbe kerülő fém, fa, üveg, műanyag darabok. A fizikai veszélyforrások közé soroljuk a radioaktivitást is. Kémiai veszélyforrások sokasága okozhat élelmiszer-biztonsági problémát, elsősorban természetes úton az élelmiszerekbe kerülő toxinok (például a penészgombák által termelt mikotoxinok), valamint a növénytermesztés, az állattenyésztés és a helytelen élelmiszer-feldolgozás során az élelmiszerekbe kerülő vegyszer-maradványok (pl. növényvédőszer maradványok, antibiotikumok, hormonok) és más kémiai anyagok. A biológiai veszélyforrások közül a vírusok és a baktériumok (amelyek lehetnek romlást okozó és kórokozó baktériumok is) mellett

diet. In addition, our lifestyle and environmental pollution have many other harmful effects on the human body. However, in this Special Issue, we focus on food safety issues and do not address nutrition issues (even if it is becoming increasingly difficult to separate the two, both of which are highly complex, multidisciplinary fields (Frewer, 2015).)

The degree of exposure to the hazards referred to above, determines the degree of risk. The system of risk analysis in the field of food safety consists of science-based risk assessment, risk management by decision-makers and risk communication. As part of the risk assessment process, risk management takes into account the so-called „other legitimate factors” besides scientific evidence, such as animal welfare, ethical, religious aspects and consumer perception of risk. Risk communication is a two-way process, assessing consumers' perception of food safety risks, while providing a wide range of information.

Legislation regarding the cultivation of crops and plants, livestock breeding, food processing and marketing of food, i.e. food law, should be primarily evidence-based. Legislators should regulate food business operators primarily with food safety risks in mind, although in some cases a hazard-based approach may be justified (Barlow et al., 2015).

Almost four decades ago, a new chapter in the history of food safety in Europe was opened. The BSE scandal, Bovine Spongiform Encephalopathy (known in the press as mad cow disease), led to huge uncertainty, the slaughter of large numbers of cattle and a loss of consumer confidence. The disease was caused by a prion that was initially claimed not to be dangerous to humans, but was found to be, after much debate and wasting valuable time. At the time, there was no risk analysis system in

már közismertek a prion fehérjék is. Egyre többet hallunk az élelmiszer allergénekről (például mogyorófélek, tej, tojás, zeller stb.), valamint az élelmiszer intoleranciát okozó anyagokról (pl. laktóz).

Az élelmiszerek – összetételük révén – nagy mértékben hozzájárulhatnak egyes ún. civilizációs betegségek (*non communicable diseases*, NCDs) kialakulásához is. A helytelen táplálkozás miatt sokan szenvednek szív- és érrendszeri megbetegedésekben (*cardiovascular diseases*, CVDs), 2-es típusú diabéteszben (cukorbetegségben), valamint tumoros megbetegedésekben. Ráadásul az életmódunk valamint a környezet-szennyezés miatt az emberi szervezetet számos más káros hatás is éri. Viszont ebben a Különszámban elsősorban az élelmiszer-biztonsági kérdéseket tárgyaljuk és nem foglalkozunk a táplálkozástudományi problémákkal. (Még ha egyre kevésbé is lehet szétválasztai a két, mindkét esetben rendkívül összetett, multidiszciplináris területet (Frewer, 2015).)

A fentiekben hivatkozott veszély forrásoknak (*hazards*) való kitettség mértéke határozza meg a kockázat (*risk*) mértékét. Az élelmiszer-biztonság területén a kockázatelemzés (*risk analysis*) rendszere a tudományos alapú kockázat-értékelésből (*risk assessment*), a döntéshozók által végzett kockázat-menedzsmentből (*risk management*) valamint kockázat-kommunikációból (*risk communication*) áll. A kockázat-értékelés részeként, a kockázat-menedzsment során a tudományos bizonyítékok mellett egyéb szempontokat (*other legitimate factors*), pl. állatjóléti, etikai, vallási és a fogyasztók kockázat-érzékelésére vonatkozó szempontokat is figyelembe vesznek, a kockázat-kommunikáció pedig egy kétirányú folyamat, felmérjük a fogyasztók élelmiszer-biztonsági kockázat-észlelését, -érzékelését és -értékelését és ezzel egyidejűleg széleskörű tájékoztatást nyújtunk.

place, no traceability requirements and no established systems in either agriculture or the food industry. Moreover, there was no coherent approach to what we nowadays refer to as the 'from farm to fork' or 'from staple to table', a single, integrated food chain, or as a food system.

The BSE scandal was followed by a number of other food scandals, such as food contaminated by dioxin in Belgium, Germany, Ireland; avian influenza (bird flu) caused by different viruses, which is still recurring today; the recognition of the risk of acrylamid in foods treated at high temperatures; dairy products from China deliberately contaminated with melamine; vegetables and sprouts contaminated with *Escherichia coli* and so.

All these scandals and the crises that have shaken the whole food chain and, above all, consumer confidence, have led to tighter food safety legislation, new principles, a separation between scientific risk assessment and decision-making, the creation of the European Food Safety Authority (EFSA) and a number of other measures to make food processing in the EU transparent, traceable and safe. There has been a paradigm shift in the field of food safety (Bánáti, 2014).

All actors in the food chain (food business operators) are responsible for the safety of the food they produce, process and place on the market, including consumers at the end of the chain. Indeed, according to the definition of the Codex Alimentarius Committee of the World Health Organization (WHO) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), food safety is the assurance that food does not cause harm to consumers, provided that it is used (handled, stored, consumed) according to its intended use. A separate volume could be devoted to a list of methods

Az élelmiszerek termesztésére (*cultivation*), tenyésztésére (*livestock breeding*), előállítására (*food processing*) és forgalomba hozatalára (*marketing*) vonatkozó jogszabályoknak, azaz az élelmiszerjognak elsősorban a tudományos bizonyítékokon kell alapulnia (*evidence-based*). A jogalkotóknak elsősorban az élelmiszer-biztonsági kockázatokat szem előtt tartva kell szabályozniuk az élelmiszerlánc szereplőinek (*food business operators*) tevékenységét, bár bizonyos esetekben indokolt lehet a veszély alapú megközelítés is (Barlow et al., 2015).

Közel négy évtizede új fejezet nyílt az európai élelmiszer-biztonság történetében. A BSE-botrány, azaz a szarvasmarhák szivacsos agyvelőbántalma (amit a sajtóban kergemarhakórnak neveztek), óriási bizonytalansághoz, rengeteg szarvamarha lemezárlásához és a fogyasztói bizalom megrendüléséhez vezetett. Egy prionfehérje okozta a betegséget, amelyről eleinte azt állították, hogy emberre nem veszélyes, majd komoly vitákat generálva és értékes időt vesztegetve megállapították, hogy mégis. Akkoriban sem a kockázat-elemzés (*risk analysis*) rendszere nem működött, nem volt nyomonkövethetőségi elvárás (*traceability*) és kiépített rendszer sem a mezőgazdaságban, sem az élelmiszeriparban. Sőt, nem is kezelték egységesen azt a rendszert, amit napjainkban a „szántóföldtől az asztalig” (*from farm to fork*) vagy az „istállótól a villáig” (*from staple to table*) terjedő, egységes, integrált élelmiszerláncként (*food chain*), sőt manapság inkább élelmiszer rendszerként (*food system*) kezelünk.

A BSE-botrányt számos egyéb élelmiszer botrány követte, például dioxin szennyezettség Belgiumban, Németországban, Írországban; a madárinfluenza különböző vírusok által okozott változatai, amely napjainkban is rendszeresen felüti a fejét; az akrilamid által okozott kockázat felismerése

and scandals related to food adulteration (Popping et al., 2022).

Finally, for those readers not specialised in this field, it is worth to distinguish between the terms food security, food safety and food defence (the latter was previously referred to as bioterrorism).

References:

Barlow, S.M.; Boobis, A.R.; Bridges, J.; Cockburn, A.; Dekant, W.; Hepburn, P.; Houben, G.F.; König, J.; Nauta, M.J.; Schuermans, J.; Bánáti, D. (2015): The role of hazard- and risk-based approaches in ensuring food safety. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 46, No. 2 Part A, 2015. pp.: 176-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.007>

Bánáti, D. (2014): European Perspectives of Food Safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94 (10) pp.:1941-6. DOI: 10.1002/jsfa.6611.

Frewer, L.J.; Fischer, A.R.H.; Brennan, M.; Bánáti, D.; Lion, R.; Meertens, R.M.; Rowe, G.; Siegrist, M.; W. Verbeke W.; Vereijken, C.M.J.L. (2015): Risk/benefit communication about food – a systematic review of the literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. DOI: 10.1080/10408398.2013.801337. 2016 July 26; 56 (10). pp.: 1728-1745.

Popping, B.; Buck, N.; Bánáti, D.; Brereton, P.; Gendel, S.; Hristozova, N.; Chaves, S.M.; Saner, S.; Spinki, J.; Willis, C.; Wunderlin, D. (2022): Food inauthenticity: Authority activities, guidance for food operators, and mitigation tools. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2022; Volume 21, Issue 6., November 2022, pp.: 4776-4811. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13053>

nagy hőfokon kezelt élelmiszerekben; a Kínából származó, melaminnal szándékosan szennyezett tejtermékek; az *Escherichia coli*-val szennyezett zöldségek és csírák.

Mіндеzen botrányok, az egész élelmiszerláncot és legfőképpen a fogyasztói bizalmat megrengető válságok következtében szigorították az élelmiszer-biztonsággal kapcsolatos jogszabályokat, új alapelvek jelentek meg, szétvált a tudományos kockázat-értékelés és a döntéshozatal rendszere, létrehozták az Európai Élelmiszer-biztonsági Hivatalt (EFSA) és számos más intézkedéssel próbálták meg átláthatóvá, nyomon követhetővé, biztonságossá tenni az Európai Unióban az élelmiszerek előállítását. Paradigma váltás történt az élelmiszer-biztonság területén (Bánáti, 2014).

Az élelmiszerlánc minden szereplője felel az általa termelt, feldolgozott és forgalomba hozott élelmiszerek biztonságosságáért, beleértve a lánc végén a fogyasztókat is. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) és az ENSZ Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Szervezete (FAO) Codex Alimentarius szakértői bizottságának fogalom-meghatározása szerint ugyanis, az élelmiszer-biztonság annak a biztosítása, hogy az élelmiszer nem okoz kárt a fogyasztóknak, feltéve, hogy rendeltetészerűen használják (kezelik, tárolják, fogyasztják) azokat.

Külön kötetet érdemelne az élelmiszer hamisítással kapcsolatos módszerek, botrányok felsorolása (Popping et al., 2022).

Végül érdemes a nem szakmabeli olvasók számára megkülönböztetni az élelmezés-biztonság (*food security*), élelmiszer-biztonság (*food safety*) és az élelmiszerlánc védelme (*food defence*) szakkifejezéseket. (Ez utóbbit korábban bioterrorizmusnak neveztük.)

VIDÁCS Anita¹**Abstract**

Food safety and quality are essential for healthy nutrition. Food safety must be fulfilled at all site of food sector from farm to table. In order to ensure safety and quality, there is important to apply uniform regulations and standards, which not only increases the safety and quality, but also the efficiency of production. Globalization has played a major role in the spread of different food safety standards and these have already become requirement in the food sector, e.g. ISO 22000, FSSC 22000, BRC, IFS. Common parts of the food safety standards are the HACCP (hazard analysis and critical control points); management's responsibility to quality; resource management; organizational roles, responsibilities; food safety program; operation of systems according to instructions and documentation. In the recent years, the food fraud vulnerability assessment is one of substances of the food safety standards. Based on these, food sector companies can be operated by unified requirement(s), which increases the value of the company, the quality of the product and the customer's expectation.

Keywords

food safety, HACCP, standards, FSMS, food fraud

Absztrakt

Az élelmiszerek biztonságossága és minősége elengedhetetlen az egészséges táplálkozáshoz. Az élelmiszer-biztonságnak az élelmiszer teljes útján a termőföldtől az asztalig érvényesülnie kell. Ennek biztosításához és a minőség kialakításához elengedhetetlen az egységes szabályozások, szabványok alkalmazása, mellyel nem csak a biztonság és a minőség növekszik, de a termelés hatékonysága is. A különböző szabványok terjedésében a globalizációnak nagy szerepe volt, mellyel már elvárásokká váltak az élelmiszer kereskedelemben, pl. az ISO 22000, FSSC 22000, BRC, IFS szabványok. Ezeknek az alapja a HACCP (veszély elemzés és kritikus ellenőrzési pontok), felsővezetés elkötelezettsége a minőség iránt, erőforrások biztosítása, felelősségi körök meghatározása, élelmiszer-biztonsági előírások, rendszerek működtetése utasítások alapján, dokumentálás. Emellett az elmúlt években hangsúlyt kapott az élelmiszerhamisítás elleni védekezés. Ezek alapján az élelmiszerszektorban lévő vállalkozások egységes irányítás(ok) alapján tudnak működni, mellyel a vállalat értéke, a termék minősége és a vevői megítélés is növekszik.

Kulcsszavak

élelmiszer-biztonság, HACCP, szabványok, ÉBIR, élelmiszerhamisítás

¹ vidacs@mk.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0002-4399-8734 | college associate professor, University of Szeged, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering | főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar Élelmiszermérnöki Intézet

BEVEZETÉS

A különböző élelmiszeripari vállalatok termelő egységeiben elengedhetetlenül fontos a Jó/Helyes Gyártási Gyakorlatok (Good Manufacturing Practice –GMP) mellett a Jó/Helyes Higiéniái Gyakorlatok (Good Hygiene Practice) alkalmazása is. Minden egyes előírás (rendeletek, szabványok, ajánlások), mely az élelmiszeripari vállalatokra vonatkozik, azt biztosítja, hogy minél biztonságosabb élelmiszert állítsanak elő, ehhez elengedhetetlenül fontos az üzemben lévő különböző eszközök, berendezések, műszerek megfelelése is, hogy alkalmazható legyen élelmiszerláncban. [1-3]

Élelmiszer: „minden olyan feldolgozott, részben feldolgozott vagy feldolgozatlan anyagot vagy terméket jelent, amelyet emberi fogyasztásra szánnak, illetve amelyet várhatóan emberek fogyasztanak el. Nem minősülnek "élelmiszernek" a következők: takarmány; élőállat, kivéve a forgalomba hozatalra előkészített, emberi fogyasztásra szánt állatok; növények a betakarítás előtt; gyógyszerek; kozmetikai termékek; dohány és dohánytermékek; kábítószeres és pszichotróp anyagok; szermaradványok és szennyezések.” [4]

Élelmiszer-biztonság: annak a biztosítása, hogy az élelmiszer nem okoz ártalmat a fogyasztónak, amikor azt a felhasználás szándékának megfelelően feldolgozzák és/vagy el fogyasztják. [5]

100%-os élelmiszer-biztonság nem érhető el, törekedni kell az elfogadható kockázatra (csak olyan mértékű lehet, ami nem veszélyezteti (normális táplálkozási szokások mellett) az egészséget); megfelelő védelmet kell szem előtt tartani: előírások betartása, megfelelő higiénia és technológiai fegyelem. Ezek hiányában az alábbi opciók lehetnek (a lista nem teljes):

- Fogyasztók egészsége, élete közvetlenül fenyegetésnek van kitéve,
- Nagy gazdasági, szociális és kulturális teher,
- Gazdasági és egészségügyi katasztrófát eredményezhet,
- Valamely termék piaca összeeshet,
- Nem minden eset van bejelentve. [1-3, 6-7]

Megfelelő élelmiszer-biztonság megteremtéséhez egységes szabályozás kell minden országban (Codex Alimentarius: 1963. FAO-WHO hozta létre -Élelmezési és Mezőgazdasági Világszervezet Food and Agriculture Organization):

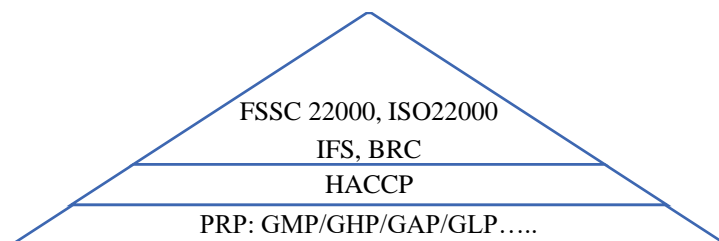
- „Irányítsák és segítsék az élelmiszerekre vonatkozó követelmények kidolgozását, hozzájáruljanak ezek harmonizálásához úgy, hogy ezek a dokumentumok a kereskedelem segítői legyenek.”; Codex Alimentarius létrehozásával elősegítették a fogyasztók egészségének védelmét, a tisztességes kereskedelemre való törekvést nemzetközi szinten, ehhez kapcsolódóan világszabványokat, irányelveket, gyakorlati útmutatókat, ajánlásokat adtak ki és kerülték el a szükségtelen plusz előírások létrehozását, melyek alkalmazása akár nemzetközi szinten több akadályba is ütközhetett volna vagy nem lenne egységes. Ezáltal a Codex a nemzetközi kockázatelemzési szervezet, mely tudományos szakértői bizottságok álláspontjai alapján értékeli és a Codex Bizottságok és Főigazgatóság végzi a kockázatkezelést.
- EU élelmiszer-biztonság politikája: Biztonságos élelmiszerek és takarmányok előállítása;
- Magas színvonalú növényvédelem, állatvédelem és állatjólét megteremtése;
- Megfelelő és könnyen érthető tájékoztatás az élelmiszerekről;

- Unió agrár-élelmiszer szektora 48 millió embert foglalkoztat;
- Egységesítés: 1997. „Fogyasztóvédelmi és Élelmiszer-biztonsági Főigazgatóság”; 1997. április „Zöld könyv”; 2000. „Fehér könyv” az Élelmiszer-biztonságról; illetve újabb előírások, ajánlások évről évre attól függően, hogy milyen új vagy meglévő veszélyek csökkenthetik az élelmiszer-biztonságot. A jogszabályoknak tudományos kockázatbecsléseken (független, objektív testület végzi), meghatározáson kell alapulnia, a farmtól az asztalig elvet is megfogalmazza, melynek a lényege az élelmiszer nyomonkövetése a teljes élelmiszerláncban a termőföldtől a fogyasztó asztaláig; a biztonságos élelmiszerek előállításához alkalmazniuk kell a HACCP-t (hazard analysis and critical control points – veszélyelemzés és kritikus ellenőrzési pontok megállapítása). A különböző Európai Unió és nemzetközi szabályozások és nemzetközi szabványok alkalmazása is hozzájárul az egységesítéshez. [1-3, 6-7]

ÉLELMISZER-BIZTONSÁGI RENDSZEREK

Az élelmiszer-biztonsághoz elengedhetetlen a különböző rendeletek, szabványok, ajánlások alkalmazása. Magyarországon egyetlen élelmiszerláncban szereplő vállalat sem működhet élelmiszer-biztonsági rendszer nélkül, alap rendszer a HACCP, mely hatósági követelményeken alapul és nem tanúsítható, hanem működését kell igazolni. A tanúsítható rendszerek erre épülnek rá (1. ábra), a kereskedőláncok követelményei: IFS – International Food Standard, BRC- British Retail Consortium; nemzetközi szabványok: ISO22000 – International Standard Organization, FSSC22000 – Food Safety System Certification. A különböző Élelmiszerbiztonsági irányítási rendszerek (ÉBIR) alkalmazásával társadalmi és fogyasztói előnyökhöz jutnak:

- mind az élelmiszer-biztonságnak és mind a minőségi követelményeknek egyszerre megfelel a vállalat,
- higiénia növekszik, így csökkenthető a valószínűsége az élelmiszereredetű megbetegedéseknek, ha a szabvány előírásainak teljesen megfelel a vállalat,
- vállalaton belüli folyamatok átláthatóbbá válnak, a felelősségi körök jól meghatározhatóak, nő a hatékonyság,
- folyamatosan fejlődhet a vállalat, melyhez a kockázatelemzés is hozzájárul,
- növekedik a vevői bizalom az adott termék vagy vállalat iránt,
- versenylőnyre tehet szert a cég, piaci elismertsége növekszik. [8]



1. Ábra: Élelmiszer-biztonsági rendszerek piramisa (saját szerkesztés) (FSSC Food Safety System Certification; ISO International Standard Organization, IFS International Food Standard; BRC British Retail Consortium; PRP pre-requisite program; GAP: Good Agriculture Program, GLP: Good Laboratory Program)

Az 1. ábrán látható emellett az előfeltételi program (PRP - prerequisite program), mely minden élelmiszer-biztonsági rendszernek az alapja.

A különböző Jó Gyakorlatok útmutatóként szolgálnak a biztonságos termékgyártáshoz, melyekhez jogi szabályozás is csatlakozik, pl. a GHP alkalmazása megjelenik a 852/2004 EK Élelmiszer higiénéről rendeletben.

Jó Higiéniai Gyakorlat elemei:

- Elsődleges feldolgozás
- Üzem kialakítás és környezet
- Elrendezés, alaprajz
- Padozat, falak, nyílászárók, szellőzők, világítás
- Berendezések
- Karbantartás
- Víz
- Hulladék kezelés
- Szociális helyiségek
- Tisztítás, fertőtlenítés
- Személyi higiénia
- Termelővétevényesség szabályozása (visszahívás, nyomonkövetés, hatáskörök, reklamáció)
- Kártevők elleni védekezés
- Tárolás
- Oktatás, képzés
- Információ, tájékoztatás. [9]

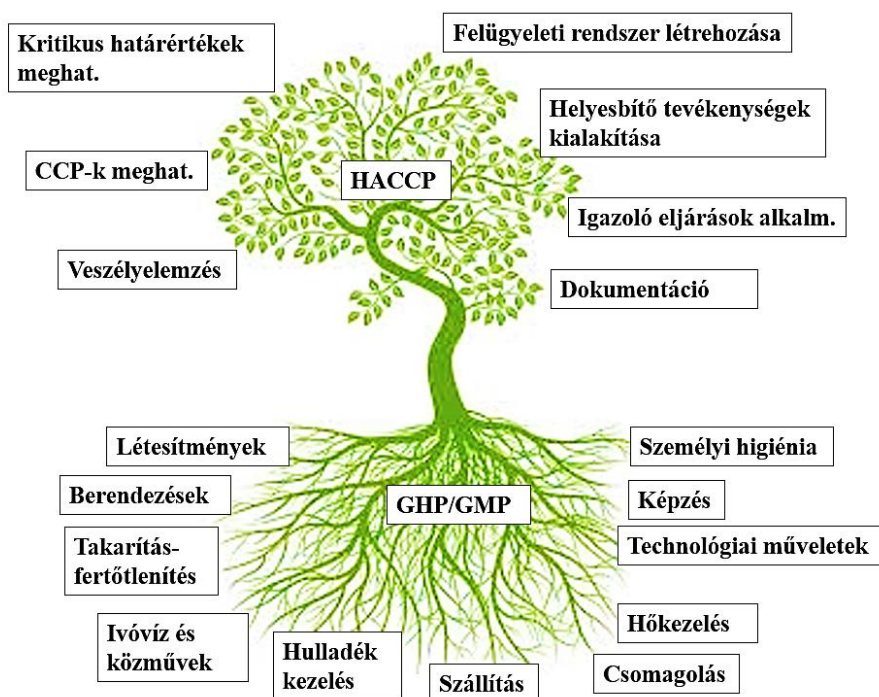
PRP magában foglalja a különböző Jó Gyakorlatokat is, melyekkel együtt biztosítható a biztonság és a fenntarthatóság az élelmiszerláncban. A vállalkozásnak rögzítenie és alkalmaznia kell a saját létesítményére vonatkozóan az előfeltételi programokat (mely pontokat, hogyan tudja alkalmazni az élelmiszerláncban szereplő vállalat, függ az előállított terméktől/szolgáltatástól) és a felelősöket is, melyben ki kell térnie az alábbiakra:

- Az épületek konstrukciója és elrendezése
- A munkaterületek és helyiségek elrendezése
- Szolgáltatások: levegő, víz, energia
- A berendezések megfelelősége, tisztítás, fenntartás
- Műszaki karbantartás, kalibrálás
- A vásárolt anyagok kezelése
- A keresztfertőzés szabályozása
- Tisztítás, fertőtlenítés
- Kártevő kezelés
- Hulladékkezelés
- Személyi higiénia és személyzeti létesítmények
- Visszárúkezelés
- Termékvisszahívás
- Termék tájékoztatás/vevőtudatosság
- Termékvédelem, bioéberség és bioterrorizmus.

Vannak működési előfeltételi programok (oPRP: szabályzó intézkedések, melyekkel meg lehet előzni a jelentős élelmiszer-biztonsági veszélyt, vagy lecsökkenteni elfogadható szintre (pl. előfőzés). [10-12]

HACCP

A HACCP kifejezés rövidítése: Hazard Analysis and Critical Control Points - veszélyelemzés és kritikus szabályozási pontok. A rendszerhez megalkotásához a vállaltnak szükséges jó előfeltételi programokat alkalmaznia, mint például a Jó Higiéniái Gyakorlatok (2. ábra). A rendszer kiépítésének célja, hogy az élelmiszer-forgalmazó tevékenység minden lépéseit meghatározza, amelyek az élelmiszer-biztonság szempontjából kritikusak. Feladata továbbá ezeknek a pontoknak az értékelése és szabályozása. Magyarországon az élelmiszergyártóknak 2004. május 1-jétől kötelező a HACCP rendszer bevezetése. A HACCP rendszer előnye, hogy a hibák megelőzésére valamint a gyakoriságuk csökkentésére törekszik.



2. Ábra: Jó Higiéniái Gyakorlatok és GHP, GMP kapcsolata (saját szerkesztés)

A rendszer alkalmazásának további előnye, hogy nemzetközileg elfogadott - élelmiszer-biztonságot növelő - módszer, amely helyes alkalmazásának köszönhetően a veszteségek is jelentősen lecsökkenthetők. Jelenleg Magyarországon minden élelmiszerelőállító, forgalmazó ezestén kötelező alkalmazni a HACCP-t és gyakorolni is az előírásait is. Előnyök a rendszer kiépítésével:

- higiénia fejlesztése, technológiai fegyelem,
- vezetés és személyzet közötti kommunikáció javulása,

- feladatok felülvizsgálata és a dolgozók személyre szabott felelősségének világos meghatározása, munkafegyelem javulása,
- még hatékonyabb folyamatellenőrzés, dolgozóellenőrzés, beszállító ellenőrzés, alapanyag és végtermék ellenőrzés,
- hiányosságok csökkenése, minőségi mutatók javulása,
- csökkenő nyomás az ellenőrző hatóságok részéről a minőségi és biztonsági mutatók javulásának függvényében. [3, 5, 9, 11-15]

12 lépése van és 7 alapelve:

1. HACCP munkacsoport megalakítása.
2. A termék leírása – fizikai, kémiai jellemzők, technológiai kezelések, csomagolás, tárolás.
3. A termék tervezett felhasználása.
4. Folyamatábra szerkesztése – minden lépést tartalmaznia kell.
5. A folyamatábra igazolása a helyszínen – ha szükséges, módosítás.
6. *Veszélyek meghatározása: veszély előfordulásának valószínűsége, az egészségre gyakorolt káros hatás mértéke; a veszély minőségi és/vagy mennyiségi értékelése; érintett mikroorganizmusok túlélése vagy szaporodása; toxinok, vegyi anyagok képződése, vagy fizikai tényezők kialakulása az ételmiszerben; milyen körülmények vezetnek a veszély kialakulásához; lehetséges szabályzó intézkedések.*
7. *Kritikus szabályozási pontok meghatározása – egynél több CCP is lehet egy veszélyre – döntési fa.*
8. *Kritikus határértékek megállapítása minden egyes CCP-re – hőmérséklet, idő, pH.*
9. *Megfigyelési eljárások kidolgozása minden egyes CCP-re. – mit és milyen gyakorisággal kell mérni; kijelölt felelős, dokumentáció, felelőst felülvizsgáló személy.*
10. *Helyesbítő tevékenységek kidolgozása.*
11. *Igazolási eljárások kidolgozása – jól működik-e a rendszer.*
12. *Dokumentáció és feljegyzések készítése.*

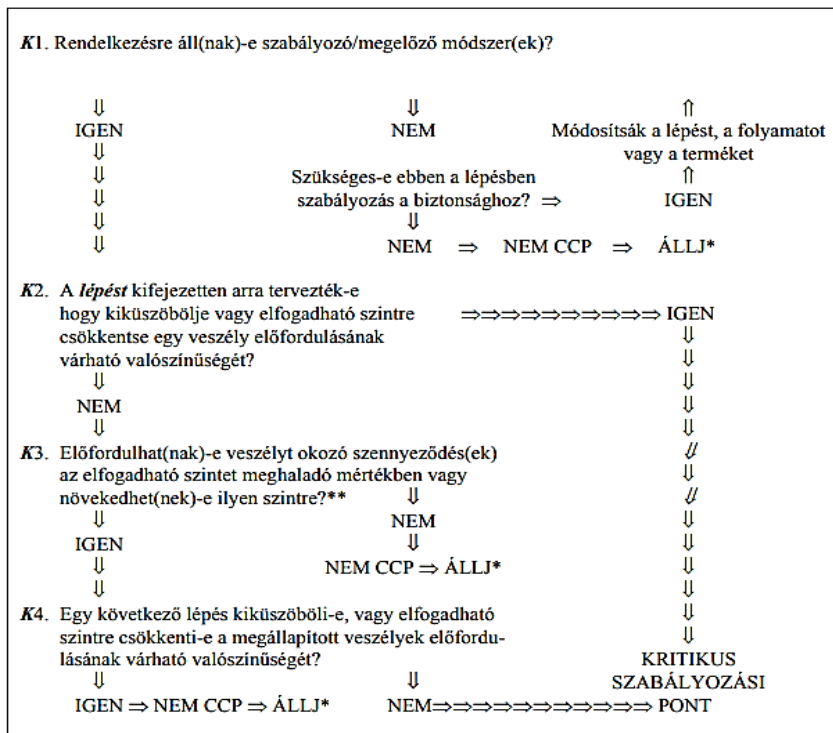
A hét alapelvet a Codex Alimentarius fogalmazza meg.

1. Veszélyelemzés

A veszélyelemzés során információkat kell gyűjteni és azok alapján el kell dönteni, hogy mely veszélyekkel kell foglalkozni a HACCP tervben. A HACCP-munkacsoportnak minden egyes lépéshez tartozó összes lehetséges veszélyt fel kell sorolnia és az egyes veszélyekhez szabályozó intézkedéseket kell rendelni. A veszély az ételmiszerekben előforduló fizikai (személyi tárgyak, berendezések alkatrészei, csomagoló anyag részek), kémiai (tisztítószer, fertőtlenítők, hőmérséklet hatására keletkezett anyagok) vagy biológiai (ízeltlábúak, férgek, baktériumok, vírusok) anyagok. Veszély mértékének meghatározása a veszély súlyosságának és gyakoriságának szorzata. Ha a veszély súlyossága enyhe: 1-es értéket kap, közepes: 2, magas: 3; ha a gyakorisága ritka 1-es értéket kap, előfordul: 2, gyakori: 3. Ezek alapján a veszély mértéke az alábbi lehet: 1-2-3: alacsony veszély (1-2: munkafegyelem, 1-2-3 képzéssel megoldható), előfeltételi programok; 4-6: HACCP – CCP pont lehet (4 képzéssel esetleg, 6 releváns veszély); 9: nagy a probléma, célszerű akár a technológia újragondolása.

2. Kritikus szabályozási pontok meghatározása

A Kritikus Szabályozási Pont (CCP) olyan lépés, amikor szabályozást lehet alkalmazni a lényeges élelmiszer-biztonsági veszélyek megelőzéséhez, kiküszöböléséhez vagy elfogadható szintre csökkentéséhez. A CCP-k meghatározására általában döntési fát alkalmazunk (3. ábra).



* *Menjenek tovább a leírt folyamatban a következő megállapított veszélyre!*

** *Az elfogadható és az el nem fogadható szinteket az általános célokban belül kell meghatározni a HACCP-tervek kritikus pontjainak meghatározásával.*

3. Ábra: Döntési fa (forrás: [13])

3. Kritikus határértékek megállapítása:

A Kritikus határérték olyan előírás, amely elválasztja az elfogadhatóságot a nem elfogadhatóságtól. Egy meghatározott lépéshez lehet, hogy több kritikus határértéket kell kidolgozni. A megfelelő értékeket törvények, útmutatók, kézikönyvek, receptúrák, elméleti ismeretek és gyakorlati tapasztalatok alapján tudjuk meghatározni. Kritikus paraméterek közé tartozik a külső megjelenés és az állomány, a nedvességtartalom, a hőmérséklet, az idő, vagy a pH.

4. Kritikus szabályozási pontokat felügyelő rendszere:

A megfigyelések vagy a mérések tervezett sorozatának végzésére irányuló tevékenység, annak megállapítására, hogy a CCP szabályozás alatt áll-e. A felügyelettel kapcsolatos nyilvántartást és dokumentumot (módszer, gyakoriság, felelős) alá kell írnia a felügyeletet végző személy(ek)nek.

5. Helyesbítő tevékenységek meghatározása:

Helyesbítő tevékenység: bármely olyan intézkedés, amelyet akkor kell megtenni, ha a kritikus szabályozási pont (CCP) felügyelete a szabályozottság csökkentését vagy elvesztését jelzi. Minden CCP-hez egyedi helyesbítő tevékenységet kell megadni, elvégzésére felelőst kell kinevezni. Az eltérést és a kezelésére vonatkozó eljárásokat dokumentálni kell.

6. Igazolásra szolgáló eljárások megállapítása:

Így bizonyítható, hogy a rendszer megfelelően működik. Átfogóan vizsgálja a rendszer egyes elveit, a veszélyelemzést, a kritikus ellenőrzési pontok meghatározását, a kritikus határértéket, a helyesbítő tevékenységet és a dokumentációt.

7. Dokumentáció:

A dokumentáció tartalmazza, hogy minden eljárás, tevékenység és jelentés megfelel a rendszer elveinek. A dokumentációknak jól áttekinthetőnek kell lenniük és tartalmazniuk kell minden szükséges információt. A dokumentációhoz tartoznak az ellenőrzésről készült feljegyzések, az ellenőrzéskor használt módszerek és tevékenységek leírása is. Külön dokumentációt képvisel az alkalmazottak oktatásának programja. [3, 5, 9, 11-15]

Az 1. táblázat egy HACCP elemzése részlete látható, ahol a különböző folyamatrészek esetére meg van határozva a veszély és annak elemzése a döntési fa alapján, hogy egyszerűen szabályozható pont (pl. GHP) vagy CCP szabályozás tartozik hozzá.

Nr.	Művelet	Veszély	Szabályzó módszer	Döntési fa				CCP	Kritikus határérték	Felügyelő eljárás	Helyesbítő tevékenység	Nyilvántartások
				K 1	K 2	K 3	K 4					
1.1.	Élőállat átvétele	M. Beteg állapot, stresszes állapot, paraziták jelenléte K: növényvédőszer, gyógyszermaradvány, nehézfémek engedélyezett értéken felüli jelenléte F: szállítás közbeni sérülés, szennyezett állapot, fémmaradvány a testben (tű, golyó)	Érvényes állategészségügyi rendeleteknek megfelelő állatok Követelmények rögzítése a szerződésben és betartásának beszállítás előtti ellenőrzése	I	N	N		GHP				
			Jóváhagyott beszállítótól való beszerzés	I	N	N		GHP				
			Egyeztetett minőségi előírás szerinti átvétel Élelmiszerlánc információ Jóváhagyott beszállító	I	N	N		GHP				
1.2.	pihentetés	Nincs reális M, K veszély F: állat szennyeződése	Állatok megfelelő tisztaságú pihentetése	I	N	N		GHP				

1. Táblázat: Részlet a sertés vágás HACCP elemzéséből (forrás: [16])

1.5.	Szűrés, véreztetés	Nincs reális kémiai veszély M: mikrobaszaporodás nem megfelelő vágás és véreztetés miatt a bent maradó vértől, átfertőződés szennyezett késtől F: nem megfelelő szűrés, szennyeződés rákerülése az állatra	Műveleti előírás betartása Műveleti előírás betartása	I	N	N		GHP				
1.6.	Testmosás	M: mikrobák a felhasznált vízben, átszennyeződés egyik állatról a	Felhasznált víz rendszeres kémiai és mikrobiológiai vizsgálata	I	N	N		GHP				
1.9.	Fülgomba, szem kivágása	F: hiányos kivágás M: mikroba átszennyeződés szennyezett eszköztől, emberről K: nem jellemző	Műveleti előírás betartása Eszközfertőtlenítő hőmérsékletének ellenőrzése	I	N	N		GHP				
1.10	Végbél, kularé körbevágása, elkötése	M: mikrobás szennyeződés bélsár kifolyása, bélszervek sérülése miatt, keresztiszennyeződés eszköztől, emberről K: nem jellemző F: bélsérülés	Műveleti előírás betartása Eszközfertőtlenítő hőmérsékletének ellenőrzése. Szennyezett részek kivágása	I	N	I	N	CCP	Végbél, kularé sérülése nem megengedett	Minden órában 10 egymást követő állapot dokumentált ellenőrzése	Szennyezett részek kivágása Előző ellenőrzés óta vágott állatok külön átvizsgálása	Kularé ellenőrző lap

1. Táblázat folytatása: Részlet a sertés vágás HACCP elemzéséből (forrás: [16])

BRC

A Brit Kiskereskedelmi Konzorcium élelmiszer-biztonsági szabványa azon beszállítók számára, akik a sajátmárkás élelmiszerterméket gyártanak. A szabvány alapkövetelményei közé tartoznak az alábbiak:

- Vezetői elkötelezettsége,
- HACCP,
- Belső audit,
- Nyers-és csomagolóanyag beszállítók kezelése,
- Helyesbítő és megelőző intézkedések alkalmazása,
- Nyomonkövetés,
- Üzem elhelyezés, termék útja az üzemben, személyforgalom szabályozása,
- Takarítás és higiénia,
- Allergének kezelése,
- Munkafolyamati utasítások egyeztetve a minőségmutatóknak való megfelelésnek, a jogszabályoknak és az élelmiszer-biztonságnak,
- Jelölés és csomagolás ellenőrzés,
- Oktatás.

Auditálás során az ellenőr a követelményeknek való megfelelést vizsgálja és nézni az előírtaktól való eltérés mértékét, ha több súlyos vagy akár egy kritikus eltérést tapasztal a tanúsítás nem lesz sikeres. [17]

IFS

Német Kiskereskedelmi Szövetség és a Francia Kereskedelmi Vállalkozók Szövetség kezdeményezte az IFS-t (International Food Standard, Nemzetközi Élelmiszer Szabványt). Főleg sajátmárkás termékek esetén alkalmazható ez a szabvány. Az IFS szabvány célja, hogy az egységesen és ugyanolyan szempontok alapján tudják a beszállítók élelmiszer-biztonsági és minőségirányítási rendszereit vizsgálni és értékelni. A szabvány hatálya a teljes termékgyártásra kiterjed az adott vállalatnál. A szabványnak való megfelelésség ellenőrzése (auditálása) kiterjed a dokumentációkra, a szabvány gyakorlati alkalmazására, a karbantartásra, a fejlesztésekre és az élelmiszervédelemre is. Ezek alapján az auditálást végző személy (auditor) az alábbi pontokat ellenőrzi:

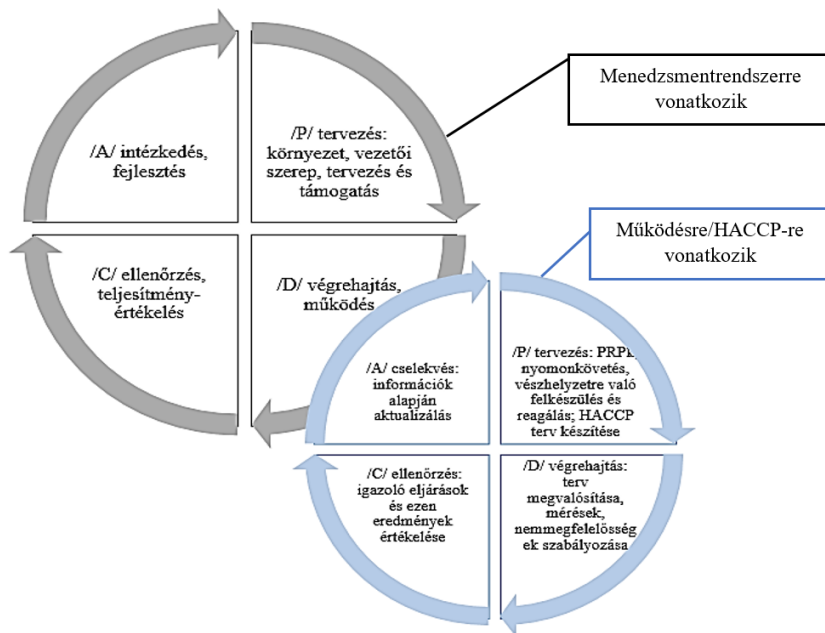
- szervezeti felépítés (felelősségre- főleg a felső vezetésére, munkaköri leírásokra, képzettségre), erőforrások kezelése
- folyamatok dokumentálása és gyakorlati alkalmazásukhoz szükséges előírások vizsgálata,
- felügyelet és vizsgálat (követelmények rögzítése és kritériumok meghatározása),
- nemmegfelelések esetén bevezetett intézkedések áttekintése,
- az eltérés okainak felderítése és helyesbítő tevékenységek ellenőrzése,
- mérés és elemzés, fejlesztés: élelmiszer-biztonsági és minőségi adatok vizsgálata, gyakorlati alkalmazásuk áttekintése,
- minőséggel kapcsolatos adatok kezelése, tárolása, visszakereshetősége (különös tekintettel a nyomonkövethetőségre)
- ezeknek a pontoknak több része van, melyeket az auditor egy check-lista alapján értékel (akár 300 pontba szedett ellenőrzési lista, melynek száma függ, hogy az adott vállalatnál mely kérdések relevánsak): teljes egyezőség, majdnem teljes egyezőség, követelmények kis része teljesült és a követelményke nem teljesültek. Ezen eredmények összevonásával alakul ki a végleges eredmény százalékos formában (100-75% között sikeres az audit, 75 % alatt sikertelen).
- A pontok között vannak KO („Knock out”) követelmények, melyek közül, ha egy is nem teljesül az auditálás eredménye a sikertelen. A KO kritériumok:
 1. a felső vezetés felelőssége (pl. nincs oktatás, nem biztosítja megfelelően a munkafeltételeket),
 2. CCP-k felügyelő rendszere (mérések dokumentációja hiányzik vagy hiányos a kitöltés)
 3. személyi higiénia,
 4. alapanyag specifikációk (új alapanyagot használnak fel, melynek az összetétele változott, de a késztermék címkéjén ezt a változást nem javították),
 5. a receptúrák megfelelése,
 6. idegen anyag kezelés,
 7. nyomonkövethetőségi rendszer (akár egy összetevő vagy csomagolóanyag kódját nem írják fel a nyomonkövetéshez, így már nem nyomonkövethető egy késztermék),
 8. belső auditok (belső auditokon feltárt hibák nem lettek javítva),
 9. termék-kivonás és termék-visszahívás eljárása,
 10. helyesbítő intézkedések. [18]

Magyarországon az élelmiszer kiskereskedelmi láncok többsége valamelyik német áruház lánc tagja, így az élelmiszerelőállítók körében az IFS szabvány alkalmazása nagyobb arányban jelenik meg szemben a BRC-val.

ISO 22000

Nemzetközi élelmiszer-biztonság irányítási szabvány, mely szabályozza az élelmiszer-biztonságot és a minőségirányítást a teljes élelmiszerláncon keresztül a termőföldtől az asztalig. A HACCP-t és az ISO 9001 minőségirányítási szabvány-t ötvözi (ISO 9001-t a gazdasági szféra bármely tagja alkalmazhatja, fő szempontjai a vezetőség elkötelezettsége, minőség politika/célok meghatározása és a vállalat irányítása ezen célok felé; vevőközpon-túság, dokumentálás, erőforrásokkal való gazdálkodás, folyamatos fejlesztés, megfelelő/optimális termelésirányítás-hatékony termelés, nemmegfelelőségek kezelése. Ezen szabvány alkalmazása is növeli az élelmiszer-biztonságot, jól dokumentált és irányított, méréseken alapuló rendszerben történik az élelmiszertermelés. Ezen rendszer előnyei: hatékonyabb ellenőrzése a folyamatoknak, munkaerőnek, beszállítóknak, az alapanyagoknak és a késztermékeknek (növekszik az áttekinthetőség), minőségi mutatók javulnak – hatékonyság növekszik, kevesebb selejtyártás, meghatározott felelőségi körök kiépítése, javuló kommunikáció, kevesebb nyomás a hatósági ellenőrzések oldaláról.

A szabványban egy kettős PDCA alkalmazható (plan-do-check-act: tervezz-csináld-ellenőrizz-cselekedj, menedzsment módszer a problémamegoldásra és folyamatos fejlesztésre), mellyel a hatékonyság és a minőség növelhető és az élelmiszer-biztonsági kockázatok lehetősége csökken. Az első PDCA megvalósul a teljes irányításban, a második PDCA ciklus a végrehajtás/működés része lesz, mely egyben a HACCP előírásoknak is megfelel (ezen ciklusok részeihez lehet beosztania szabvány különböző fejezeteit) (4. ábra). A második PDCA ciklus tervezési fázisában megjelenik a vészhelyzetre való felkészülés is, melyre egy példa a jelenleg is tartó COVID-19 járvány, így ebben a helyzetben a vállalatnak előnye is van, hogy a terv már ki van dolgozva és csak alkalmazniuk kell, nem pedig egy új protokollt kidolgozni. [8, 19-21]



4. Ábra: Kettős PDCA részei az ISO 22000:2018 szabványban (saját szerkesztés)

FSSC 22000

Több szabványt is magában foglal, így válik egy erős, fejlődésre összpontosuló rendszertanúsítássá. Magában foglalja az ISO 22000-t és szektor specifikus előfeltételi programokat (PAS 220). Az alábbi termékkategóriák gyártói alkalmazhatják a szabványt:

1. Állattenyésztés; hús, tej, tojás, méztermelés (nem terjed ki a vadászatra és halászatra)
2. Élelmiszergyártás, benne:
 - romlandó állati termékek (pl. hús, baromfi, tojás, tej és hal)
 - romlandó növényi termékek (pl. gyümölcsök, friss gyümölcsitalok, zöldségek, diófélék, hüvelyesek)
 - romlandó állati és növényi termékek feldolgozása (pl. vegyes termékek, mint; pizza, szendvics, gombóc, fogyasztásra kész ételek)
 - szobahőmérsékleten tartandó, hosszú lejáratú idejű termékek (pl. dobozott termék, rágcálnivalók, snack, olaj, ivóvíz, szörp, krém, liszt, cukor)
 - (bio)kémiai anyagok gyártása (pl. adalék, vitamin, sóféle, ízesítő, biokultúra, enzim, feldolgozási segédanyag) kivéve; növényvédőszer, drog, fertőtlenítő és tisztítóanyag
3. Élelmiszercsomagolás és csomagolóanyag gyártás (pl. az élelmiszerral közvetlenül vagy közvetve érintkező anyagok)
4. Állatok részére termelt élelmiszerek és tápok (pl. állateledel kutya, macska, hal részére)
5. Szállítási és tárolási szolgáltatások (pl. szállítási és tárolási tevékenységek a teljes élelmiszer láncon)
6. Catering; elkészítés, tárolás és igény szerint helyben fogyasztás, vagy kiszállítás

7. Kiskereskedelem/Nagykereskedelem (pl. kiskereskedelem, élelmiszer bolt, nagykereskedés) [22-23]

FSSC 22000 előnyei a jobb kommunikáció az élelmiszerláncban és nagyobb élelmiszer-biztonságot nyújt a szabvány alkalmazása; az előfeltételi programok alkalmazása miatt több figyelem fordítható a szükséges szabályozási pontokra. [8]

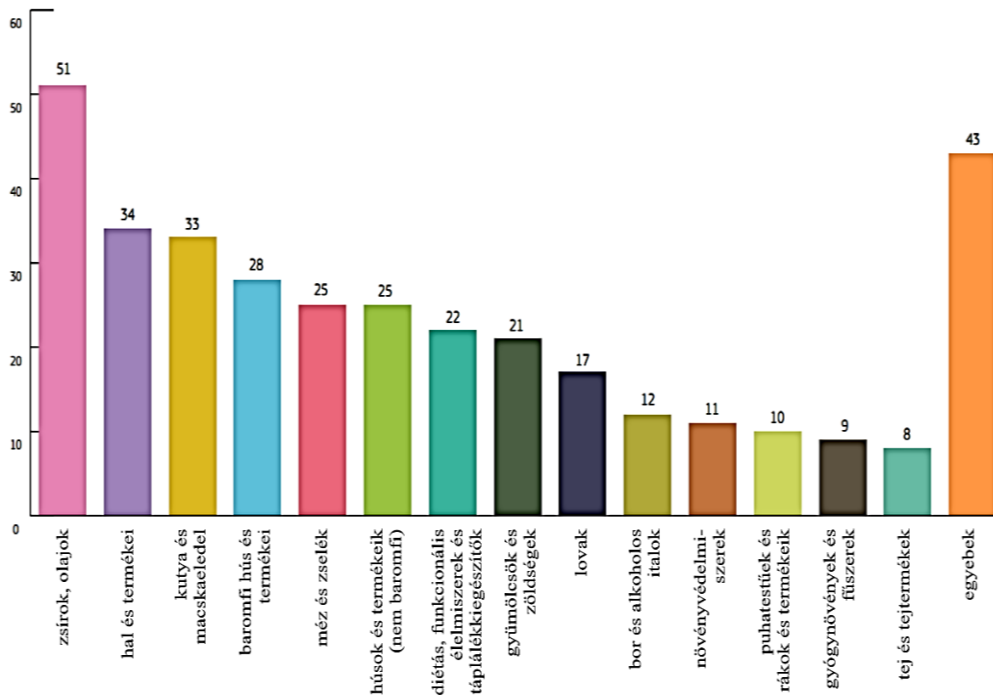
FSSC 22000 szabvány esetén részletesebbek az előfeltételi programok/követelmények, mint az ISO 22000 szabvány elvárásai esetén. Még erőteljesebb élelmiszer-biztonság érhető el és a nemzetközi piacon is nagyobb versenyelőnyre tehet szert a vállalat, ha FSSC 22000 tanúsítvánnyal rendelkezik.

ÉLELMISZERVÉDELEM, ÉLELMISZERHAMISÍTÁS

Az élelmiszer-biztonsági szabványok többsége foglalkozik az élelmiszervédelemmel, élelmiszerhamisítás elleni védekezéssel is, ezáltal is nő az élelmiszer-biztonság. Élelmiszercsalás: Az élelmiszerek, nyersanyagok, összetevők vagy csomagolóanyagok szándékos és előre megfontolt helyettesítése, valótlan tartalmú címkézése, hamisítása vagy csalása gazdasági haszonszerzés céljából. Ez a meghatározás a kiszervezett folyamatokra is vonatkozik. Az élelmiszerhamisítások száma egyre növekszik köszönhetően a globális élelmiszerkereskedelemnek, a növekvő piaci igényeknek a különleges termékek iránt (földrajzi árujelölésű, kiváló termékek, eredetjelölt termékek). 2013-ban az Európai Unió létrehozta az élelmiszercsalásokkal foglalkozó hálózatát (Food Fraud Network). Milyen élelmiszerhamisítások fordulhatnak elő:

- Substitution – helyettesítés: más összetevővel helyettesítik; ásványiolaj adagolása napraforgóolajhoz;
- Concealment- eltitkolás: Salmonella sp. Fertőzés eltitkolása; romlás elfedése szulfit adagolással;
- Mislabelling – jelölési probléma/hiány: minőségmegőrzési idő meghosszabbítása; nem jelölt összetevő; gmo összetevő nincs jelölve;
- Grey market – „szürke piac” lopott termék;
- Unapproved enhancement – nem engedélyezett élelmiszer összetevő: melanin adagolás a fehérjetartalom növelésére, nem engedélyezett adalékanyag hozzáadása a termékhez; nem engedélyezett gyártási folyamattal állították elő
- Counterfeit –utánzat: minőségi termékhez hasonló csomagolás alkalmazása (betűszín tér el és a márkanév csak);
- Dilution- hígítás: termékhez vizet adok és nincs jelölve; olíva olajhoz más napraforgó étolaj adagolása. [24-25]

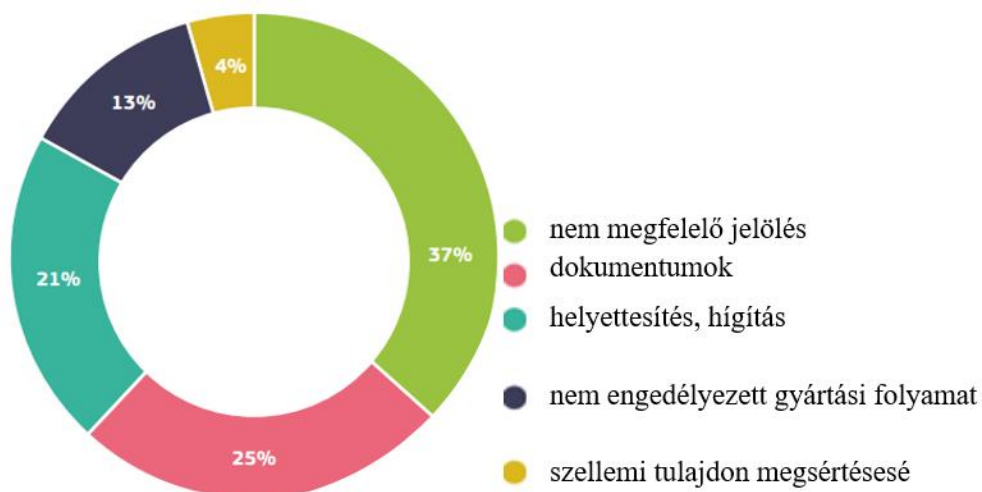
A 5-6. ábrán láthatóak a 2020-as adatok egy része az élelmiszerhamisítással kapcsolatban, melyek az Európa Unióban történtek.



5. Ábra: Élelmiszerhamisítási jelentések 2020-ban az EU-ban (forrás: [26])

A 5. ábráról leolvasható, hogy a legtöbb hamisítás a zsírok, olajok esetén történt (extra szűz olíva olajként olíva olajat adtak el); halak esetén nitrátot alkalmaztak a hús színének javítására, vizet adtak hozzá, melyet nem jelöltek (5% feletti mennyiségű vizet már jelölteni kell a csomagoláson).

A 6. ábra esetén látható a különböző hamisítások fajtáinak eloszlása. Ahol a legtöbb probléma a jelöléssel volt, mint például nem extra szűz olíva olajat extra szűzként jelöltek; a dokumentumok esetén hiányos volt a termék dokumentációja vagy nem volt visszakövethető. A helyettesítés esetén jobb minőségű alapanyagot rosszabb minőségűvel helyettesítettek (borhoz vizet adtak). [26]



6. Ábra: 2020-ban az EU-ban az élelmiszerhamisítások típusai (zöld: helytelen jelölés; rózsaszín: dokumentumok hiánya/rossz kitöltése; kékes-zöld: helyettesítés, hígítás; kék: nem engedélyezett eljárás a terméken; sárga: intellectual property rights infringement: szellemi tulajdon megsértése) (forrás: [26])

A vállalatoknak élelmiszervédelmi tervvel kell rendelkezniük, melyben végig nézik a teljes gyártási folyamatot keresztül (beszállítótól, beérkező alapanyagtól a késztermékig, a telephelyre való betörési lehetőség) a sebezhetőséget, hol történhet hamisítás és enyhítési tervet kell készíteniük és alkalmazni illetve folyamatosan felülvizsgálni. Ebben segítséget nyújthat a Food Fraud Network és a RASFF riportjai a különböző élelmiszerhamisításokról, mely esetén meg lehet nézni, hogy a vállalat által gyártott termékek érintve lehetnek-e hasonló esetekben. Enyhítési terv részei lehetnek például a termékvizsgálat, beszállítók értékelése, nyomkövetési tesztek elvégzése. [17, 22]

ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszer-biztonság biztosítása folyamatosan fejlődik, ahogy látható volt az élelmiszer-biztonsági rendszerek piramisából is. A különböző szabványok alkalmazásával ez még jobban növelhető illetve a szabványok folyamatosan fejlődnek reagálva az élelmiszerláncban felmerülő újabb és újabb veszélyekre az elővigyázatosság elvét betartva. Szabványoknak vannak hasonló pontjaik a GHP/GMP-re, HACCP-re való épülésük miatt, melyekkel a kockázatok minimalizálhatóak. Összeségében elmondható, ha a különböző élelmiszer-biztonsági rendszerek/szabványok alkalmazása megfelelő és a tanúsítások/auditok során is az adott vállalat jó eredményt kap, akkor az élelmiszer-biztonság növekszik. Emellett fontos, hogy a fogyasztók is betartsák az előírásokat, melyek a termékek tárolására, kezelésére vonatkoznak (hűtött terméket hűtött állapotban tároljanak, nyers és kész ételleket elszeparálják, külön eszközöket használjanak hozzá, megbízható helyről származó alapanyagot használjanak, romlott terméket ne dolgozzanak fel, tisztán tartsák a konyhát, megfelelő helyről tájékozódjanak). Az élelmiszer-biztonság, a kockázatok minimalizálása mind a hatóságok, mind az élelmiszer szektorban lévő vállalkozások, tanúsítószervezetek és fogyasztók felelősségével érhető el.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Dr. Szeitzné Dr. Szabó Mária (szerk.). „A Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal tanulmánya: Élelmiszer-biztonsági helyzetelemzés és kockázatértékelés.” Agroinform Kiadó (2008). ISBN 978-963-502-896-2
- [2] Laczay Péter. „Élelmiszer-higiéncia Élelmiszerlánc-biztonság.” Mezőgazda Kiadó, Budapest, (2008). ISBN: 9789632864204
- [3] Dr. Bíró Géza. „Élelmiszer-higiéncia.” Agroinform Kiadó (2014). ISBN: 2050000033322
- [4] 78/2002 EK rendelete „az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról” [hozzáférés: 2021.12.10.]
- [5] Szeitzné Dr. Szabó Mária. „HACCP ismeretek és közegészségügyi előírások az Európai Unióban és Magyarországon”. Kereskedelmi és Idegenforgalmi Továbbképző (2003). ISBN: 9636372055
- [6] Dr. Bíró Géza és Kovács Ferenc. „Élelmiszer-biztonság - EU-szabályozás.” Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. (2003). ISBN: 9789635027804
- [7] Dr. Bíró Géza és Dr. Szita Géza. „Élelmiszer-mikrobiológia, élelmiszer-higiéncia”. (8. kiadás) Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. (2021). ISBN: 9789639107700
- [8] „Élelmiszerbiztonsági és minőségirányítási rendszerek.” Élelmiszeripari Kézikönyv 9. Biztonságos élelmiszer-előállítás III. (2020) (<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/3542-biztonsagos-elelmiszer-eloallitas-III/file>) [hozzáférés: 2022. 02. 02.]
- [9] 852/2004 EK rendelete „élelmiszer-higiénciáról” [hozzáférés: 2021.12.10.]
- [10] Bernd van der Meulen és M. Van Der Velde. „Summaries European Food Law Handbook.” (1st edition) Wageningen Academic Publishers (2008). ISBN: 9789086860821
- [11] Carol A. Wallace, William H. Sperber és Sara E. Mortimore. „Food Safety for the 21st Century: Managing HACCP and Food Safety Throughout the Global Supply Chain.” (2nd edition) Wiley (2018). ISBN: 978-1-119-05357-6
- [12] PAS 220:2008 szabvány
- [13] „A Veszélyelemzés, Kritikus Szabályozási Pontok (HACCP) rendszer és alkalmazásának útmutatója” Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-1/1969 számú irányelv
- [14] „Veszélyelemzés, Kritikus Szabályozási Pontok (HACCP) rendszer és alkalmazása.” Élelmiszeripari kézikönyv 9. Biztonságos élelmiszer-előállítás II. (2020) (<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/3541-biztonsagos-elelmiszer-eloallitas-II/file>) [hozzáférés: 2021.05.20.]
- [15] Dr. Sebők András és Baár Csaba. „HACCP egyszerűen” Budapest (1998). ISBN: 963036154X
- [16] „Útmutató a sertés- és marhavágás, bontás, darabolás jó higiéniai gyakorlatához” <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/1/eb/40000/Sert%C3%A9s%20marhav%C3%A1lg%C3%A1s%20ghp.pdf> [hozzáférés: 2021.12.05.]
- [17] BRC szabvány – 8. verzió
- [18] IFS szabvány – 6. verzió
- [19] ISO 22000:2018 szabvány

- [20] Topár József, Kövesi János, Erdei János és Tóth Zsuzsanna Eszter. „A minőségmenedzsment alapjai.” Typotex Kiadó (2006). ISBN 9639664111
- [21] ISO. „ISO 22000:2018(en) Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain.” <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22000:ed-2:v1:en> [hozzáférés: 2022.02.03.]
- [22] FSSC 22000 szabvány
- [23] TQ Consulting Kft. „FSSC 22000.” <https://tqconsulting.hu/elelmiszerbiztonsag-szabvanyai/fssc-22000-elemiszerfeldoglozas/> [hozzáférés: 2022. 02. 03.]
- [24] GFSI. „Tackling food fraud through food safety management systems.” <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/Food-Fraud-GFSI-Technical-Document.pdf> [hozzáférés: 2022.02.16.]
- [25] European Commission. „Food fraud categories - draft proposal.” https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-04/food-fraud-reports_20210129_pres02.pdf [hozzáférés: 2022.02.16.]
- European Commission. „Annual Report: The EU Agri-Food Fraud Network and the Administrative Assistance and Cooperation System.” https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-09/ff_ffn_annual-report_2020_1.pdf [hozzáférés: 2022.02.16.]

AMBRUS Árpád¹– SZENCZI-CSEH Júlia²**Abstract**

Within our publication we emphasize the need for usage of pesticides, while presenting related consumers' reservations and the results of the European Union coordinated monitoring program that does not support consumers' concerns. Reference is made to extensive national inspections in various parts of the world. It is emphasized that the placing of pesticides on the market is preceded by rigorous controls carried out in accordance with a uniform methodology in order to ensure that their practical use, based on the knowledge available at the time of authorization, poses an acceptable risk to human and environmental health. We summarize the national and international practice of authorizing pesticides and the process of developing Codex limit values. The principles of point and probabilistic risk assessment methods for acute and chronic exposure to pesticides of consumers are described. Reference is made to the steps taken by EFSA to develop a uniform methodology for food consumption data collection.

Keywords

food safety, risk analysis, pesticide residues, maximum residue levels, point and probabilistic risk assessment method

Absztrakt

Cikkünkben hangsúlyozzuk a növényvédőszer alkalmazásának szükségességét, ugyanakkor bemutatjuk az ezzel kapcsolatos fogyasztói fenntartásokat és az azokat nem alátámasztó európai uniós koordinált monitoring program eredményeit. Hivatkozunk a világ különböző részein folyó széleskörű nemzeti ellenőrző vizsgálatokra. Hangsúlyozzuk, hogy a növényvédőszer forgalomba kerülését egységes metodika szerint végrehajtott szigorú ellenőrző vizsgálatok előzik meg annak érdekében, hogy gyakorlati alkalmazásuk, az engedélyezésükkor rendelkezésre álló ismeretek alapján, elfogadható humán és környezetegészségügyi kockázatot jelentsen. Összefoglaljuk a növényvédőszer engedélyezésének nemzeti és nemzetközi gyakorlatát, a Codex-határértékek kidolgozásának menetét. Ismertetjük a fogyasztók akut és krónikus növényvédőszer-maradék expozíciójának pontszerű és probablisztikus becslési módszereinek az elveit. Hivatkozunk az EFSA által kidolgozott, egységes élelmiszer-fogyasztási tényező meghatározási metodikájára.

Kulcsszavak

élelmiszer-biztonság, kockázat-elemzés, növényvédőszer-maradékok, maximális szermaradék érték, pontszerű és probablisztikus kockázatbecslési módszer

¹ ambrusadr@yahoo.co.uk | ORCID: 0000-0002-5597-4596 | retired (former Hungarian Food Safety Office) | nyugdíjas, Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal (megszűnt)

² julia_cseh@yahoo.de | ORCID: 0000-0003-1842-8358 | freelancer food safety adviser | független élelmiszer-biztonsági tanácsadó

RÖVIDÍTÉSEK

ADI: Acceptable Daily Intake, elfogadható napi bevitel

ARfD: Acute Reference Dose, akut referencia dózis

bw (tt): bodyweight, testtömeg [kg]

CAC: Codex Alimentarius Commission, Codex Alimentarius Bizottság

CCPR: Codex Committee on Pesticide Residues, Növényvédőszer-maradékok Codex Szakbizottsága

EC: European Commission, Európai Bizottság

EDI: Estimated Daily Intake, becsült napi bevitel

EFSA: European Food Safety Authority, Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság

EPC: European Parliament and Council, Európai Parlament és Tanács

ESTI: Estimated Short Term Intake, becsült rövidtávú bevitel

EU: European Union, Európai Unió

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete

FIFRA: US Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act, Amerikai Egyesült Államok rovarirtó, gombaölő és rágcsálóirtó szereket szabályzó szövetségi törvénye

GAP: Good Agricultural Practice, Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat

FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues, FAO/WHO szakértők növényvédőszer-maradékokkal foglalkozó együttes ülése

IESTI: International Estimated Short Term Intake, nemzetközi becsült rövidtávú bevitel

MRL: Maximum Residue Limit [mg/kg], maximális szermaradék érték [mg/kg]

OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development, Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet

RIVM: National Institute for Public Health and the Environment of the Netherlands, Holland Országos Közegészségügyi és Környezeti Intézet

STMR: supervised trial median residue, szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja

STMR-P: supervised trial median residue-processed, szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja feldolgozott terményben

USA: United States of America, Amerikai Egyesült Államok

US EPA: US Environmental Protection Agency, Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala

US FDA: US Food and Drug Administration, Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerellenőrzési Hivatala

BEVEZETÉS

A növényvédőszeres jelentős része veszélyes vegyület. Toxikus hatásai a fogyasztókra, a hatóanyagokkal és a készítményekkel dolgozóakra és a környezetre különböző irányúak és mértékűek, ezért felhasználásukat széleskörű human- és környezet-egészségügyi vizsgálatok előzik meg.

A növényeket megfertőző kórokozók, a gyökereket és a zöld növényi részeket megdézsmáló kártevők, illetve a mezőgazdasági területet elborító gyomok komolyan veszélyeztetik a termelés mennyiségét, minőségét, aminek következtében súlyos gazdasági károk keletkezhetnek. A gazdálkodók növényvédőszeres szakszerű használatával eredményesen megvédhetik a termést, biztosítva ezzel a magas termésátlagot és a jó minőséget. A mezőgazdasággal foglalkozó szakemberek egyöntetű véleménye szerint a jelen technológiai szinten a Föld lakosságának a biztonságos élelmiszer-ellátása, a terméshozam növelése, a fertőző betegségek megelőzése és leküzdése növényvédőszeres alkalmazása nélkül nem valószínűsíthető meg. A vegetációs időszakban végzett növényvédelem mellett különösen jelentős, elsősorban a meleg éghajlatú, fejlődő országokban, a betakarított termény védelme a tárolás, raktározás, feldolgozás során, mivel a nem megfelelő körülmények akár 40%-os veszteséget is eredményezhetnek [1], [2]. Nemcsak az alapvető élelmiszerek, hanem a zöldségek, gyümölcsök esetében is jelentős lehet a veszteség (43-45%), ami a gazdasági káron túlmenően szegénységet és alultápláltságot eredményez [3], [4]. A megfelelő biológiai hatás eléréséhez szükséges, hogy a kijuttatott növényvédőszeres a kezelt termény felületén maradjanak vagy bekerüljenek a termény belsejébe. Ennek okán a betakarított terményben sok esetben elkerülhetetlen bizonyos mennyiségű szermaradék jelenléte.

A meleg, száraz időjárás, a helytelen mezőgazdasági, tárolási gyakorlat különösen kedvez a kukorica, búza fertőződésének, áttételesen az aflatoxin és számos mikotoxin képződésének. A nyers mezőgazdasági termékekben előforduló mikotoxinok, bekerülnek a táplálékláncba és kimutathatók pl. az anyatejben, tejben, tojásban, húsban, májban, vesében [5], [6]. A peszticidek alkalmazásával visszaszorítható a mikotoxint termelő gombák elterjedése is. Az ökológiai gazdálkodásban csak az ökológiai növényvédelmi programnak megfelelő megoldásokat lehet alkalmazni.

A különböző országokban a fogyasztók változó hányada tekint előítélettel a növényvédőszer-maradékokat tartalmazó élelmiszerekre. Az EFSA 2022. évi felmérése szerint az európai lakosság 40%-a tekinti kockázatosnak a növényvédőszer-maradékok jelenlétét az élelmiszerekben [7]. Görögországban a közelmúltban végzett reprezentatív felmérés hasonló eredményre vezetett [8]. A fogyasztók elsődlegesen az egészségükért aggódnak, de ugyanakkor elismerik a peszticidek előnyös hatását a biztonságos élelmiszer-ellátás és a nemzetgazdaság szempontjából [8]. A fogyasztók általában különösen aggályosnak tartják a különböző növényvédőszeres maradékainak együttes jelenlétét az élelmiszerekben. Ugyanakkor, az EFSA tudományos szakértői munkacsoportja - a RIVM-ben kidolgozott probabilisztikus eljárással [9] - vizsgálta a fogyasztók kumulatív növényvédőszer-maradék expozícióját a 2014-2016. években publikált növényvédőszer-maradék monitoring vizsgálatok eredményei és a különböző EU országok lakosságának 10 különböző korcsoportjának egyéni fogyasztási adatai alapján. Változó bizonytalansági tényezővel arra a következtetésre jutottak, hogy az idegrendszeret károsító akut hatások [10], illetve a pajzsmirigyet károsító krónikus hatások [11] egyik korcsoportban sem érik el azt a szintet, ami hatósági intézkedéseket tenne szükségessé.

Az élelmiszereken előforduló növényvédőszer-maradékok vizsgálata az analitikai vizsgálatok kiemelt területe. Az Európai Unióban a koordinált monitoring program keretében [12], [13] kötelezően, amellett nemzeti hatáskörben is évente közel 100.000 mintában, mintánként változó, 300-900 különböző növényvédőszer-maradék koncentrációját vizsgálják. A nagyszámú vizsgálati eredmény szerint az EU-ban elfogadott MRL értékeket meghaladó koncentrációjú szermaradékot (R) a minták <5,1%-a tartalmazott [14]-[20]. Az összefoglaló adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

Év	Minták száma	R>MRL %	R<MRL %	R<LOQ%
2015	87.341	2,8	97,2	53,3
2016	84.657	3,8	96,2	50,7
2017	88.247	4,1	95,9	54,1
2018	91.015	4,5	95,5	58
2019	96.302	3,9	96,1	-
2020	88.141	5,1	94,9	68,5
2021	87.863	3,9	96,1	38

1. Táblázat: Az EU tagországaiban végzett szermaradék vizsgálatok 2015-2021. években (saját szerkesztés)

Magyarországon a vizsgálandó minták körét és számát a 2022-2024. évekre a 2021/601. végrehajtási rendelet határozza meg [13]. A vizsgálatokat a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal specializált laboratóriumai végzik. A 2017-2022. közötti időszakban végrehajtott vizsgálatok összesítő eredményét és hat kiemelt gyümölcs- és zöldségmintákban kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. Az eredmények részletes elemzésével külön közlemények foglalkoznak [21]-[22].

Az eredmények mutatják, hogy a Magyarországon forgalomba kerülő élelmiszerek 99%-a megfelel a vonatkozó határérték-előírásoknak. A határérték megfelelés százalékos aránya lényegesen jobb, mint az uniós átlag.

Szermaradék-vizsgálatokat végeznek a világ számos országában. A Science Direct adatbázisában a „pesticide residue” AND „food”, „pesticide residue” AND „fruits” OR „vegetables” kulcsszavakkal keresve, 2018-2022. évekből 2.190 közlemény található. A vizsgálati eredményeket közreadó nagyszámú közleményből néhány érdekesebbnek ítélt az Európai Unióból [23]-[25], a mediterrán régióból [26], Afrikából [27] Kínából [28]-[30], Japánból [31], Dél-kelet Ázsiából [32], [33], Ausztráliából [34], Dél-Amerikából [35], [36] és az USA-ból [37]-[41] származik.

Vizsgált			Gyakoriság [%]		
Termék ¹	Minták ²	Szermaradék ³	R>MRL ⁴	MRL≥R≥LOQ ⁵	R<LOQ ⁶
Összes termék	9.924	622	1,0	53,0	45,9
Alma	833	617	0,1	74,1	25,8
Cseresznye	122	583	0,8	78,7	21,3
Őszibarack	349	593	0,3	66,2	19,2
Paprika	616	621	0,6	48,4	51,0
Szamóca	225	601	1,3	74,2	24,4
Szőlő	411	618	0,2	80,5	19,2

2. Táblázat. A kiemelt növényvédőszer-maradékok vizsgálata Magyarországon 2017-2022 években (saját szerkesztés).

A NÖVÉNYVÉDŐSZEREK ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁSAI

Engedélyezési eljárás az Európai Unióban

A növényvédőszer, a fogyasztók és a környezet védelme érdekében, csak széleskörű elővizsgálatok során végzett kritikus értékelés pozitív eredménye alapján kerülhetnek forgalmazásra. Az engedélyezési eljárás és ennek követelményrendszere a gazdaságilag fejlett országokban közel azonos kritériumrendszeren alapul. Az EU-ban az értékelési folyamatot a 1107/2009/EK rendelet szabályozza [42]. Az áruk szabad mozgása, a tagállamok közötti azonos versenyfeltételek, továbbá a magas szintű fogyasztóvédelem érdekében az egyes növényi termékekben elfogadható maximális szermaradék szinteket az EU-ban a 396/2005/EK rendelet és kiegészítései határozzák meg [43].

A rendeletben meghatározott MRL-értékek minden tagországra egységesen vonatkoznak. A 396/2005/EK rendelet kiadása után az MRL-értékek számos esetben megváltoztak. Az egyes növényi termékekre vonatkozó aktuális határértékek az Európai Bizottság honlapján elérhetőek. A korábban engedélyezett felhasználási körülményeket rendszeresen

¹ Vizsgált termékek.

² Vizsgált minták száma.

³ A mintákban vizsgált összes szermaradék száma. Az egyes mintákban vizsgált szermaradék függött az előzetes információtól, ezért nem minden szermaradék került minden mintában meghatározásra.

⁴ A határértéket meghaladó szermaradékot tartalmazó minták aránya.

⁵ Mérhető (<MRL) koncentrációjú szermaradékot tartalmazó minták aránya.

⁶ A kimutatási határ alatti szermaradékot tartalmazó minták aránya.

felülvizsgálják [44]. Az EU Pesticide Database információt tartalmaz az egyes növényvédőszerokről [45]. Külön kereshetőek az egyes termékek esetén érvényes határértékek (<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/products>), illetve a kiválasztott hatóanyagok szermaradékaira vonatkozó MRL-értékek (<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>).

A hazai versenyképes termelés biztosítása érdekében számos növényvédőszer áll rendelkezésre a gazdálkodók számára. A forgalomban lévő szerek a fent említett szigorú és következetes engedélyezési eljárásen mentek keresztül, valamint időszakosan, az érvényes engedélyek az új tudományos információk figyelembevételével felülvizsgálatra kerülnek.

Engedélyezési eljárás a tengerentúlon

Az Egyesült Államokban a Környezetvédelmi Ügynökség (US EPA) feladata a növényvédőszer forgalomba hozatalának és felhasználásának az engedélyezése. A jogszabályi kereteket a Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA) szabályozza [46]. Minden forgalmazott növényvédőszeret előzetesen az EPA-nak engedélyezni kell. Az engedélyezést megelőzően a kérelmezőnek kell igazolni, egyebek mellett azt, hogy az előírászerű alkalmazást követően a szer általában nem befolyásolja kedvezőtlenül a környezetet [47].

Ausztráliában az Agricultural and Veterinary Chemicals Code (Agricultural Active Constituents) Standards 2022 szabályozza a növényvédőszer és állatgyógyászati szerek engedélyezését és forgalmazását [48]. Az engedélyezési feltételek közel azonosak az EU és az USA gyakorlatával [49].

Nemzetközi szinten a Codex Alimentarius égisze alatt a CCPR keretében folyik intenzív munka a nemzetközi kereskedelmi forgalomban alkalmazandó növényvédőszer-maradék határértékek kidolgozására [50]. Az ADI/ARfD, valamint az MRL-értékekre a benyújtott kísérleti adatok értékelése alapján a FAO/WHO JMPR szakértői értekezlet tesz javaslatot [51]. Az OECD útmutatók alapján végrehajtott toxikológiai vizsgálatok és az ellenőrzött körülmények között végzett szerkísérletek [52] adatait elsősorban a növényvédőszer-gyártók bocsátják a JMPR szakértői rendelkezésére, de a tagországok, köztük Magyarország is küldött értékelő jelentéseket a saját hatáskörben végrehajtott szerkísérletekről.

A javasolt MRL-értékeket a világon általánosan elfogadott OECD „MRL Calculator” alkalmazásával határozzák meg. Ily módon biztosított, hogy azonos kísérleti adatok alapján a különböző értékelő hatóságok azonos eredményre jussanak, ami megkönnyíti a növényvédőszer-maradék határértékek harmonizálását [53]. A JMPR javaslatait a Codex Alimentarius tagországainak delegált képviselői a CCPR üléseken több körben megvitatják és az ország-specifikus fogyasztási adatok alapján értékelik a javasolt határértékeket. A közös vélemény alapján kialakított határérték-javaslatot, mint Codex-határértéket [54] felterjesztik a Codex Főbizottsághoz (Alimentarius Commission) elfogadásra. A Codex-határértékeket a tagországok jelentős hányada beépíti nemzeti jogszabályába és referenciaként alkalmazza [55] - [60]. Ugyanakkor az egyes tagországoknak joga van - megfelelő indokkal alátámasztva - a javasolt Codex-határértékeket nem elfogadni. Az utóbbi esetre általában akkor kerül sor, ha a nemzeti fogyasztási adatok alapján számított expozíció egyes fogyasztói csoportoknál meghaladja a vonatkozó toxikológiai referencia értéket.

A FOGYASZTÓK RÖVID ÉS HOSSZÚTÁVÚ NÖVÉNYVÉDŐSZER-MARADÉK KITETTSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

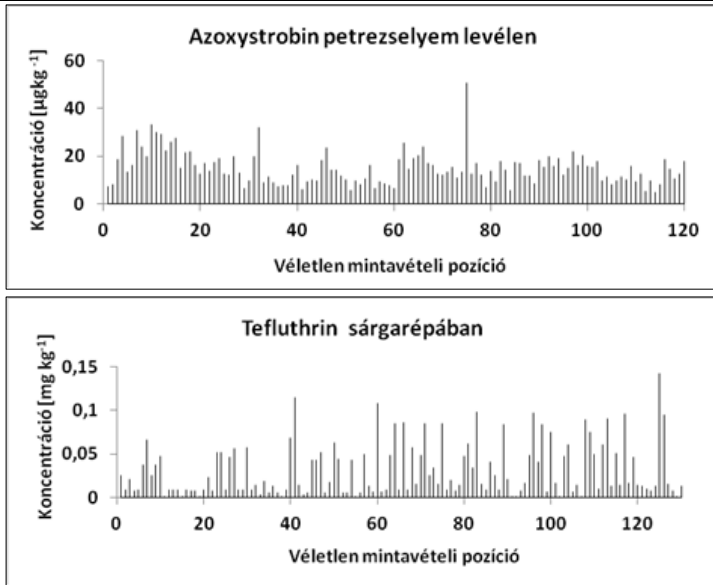
A növényvédőszer felhasználás engedélyezésének egyik alapvető kritériuma az, hogy azok előírás szerinti okszerű felhasználása esetén a fogyasztók egészségét nem károsító szermaradékok maradhatnak csak a betakarított terményben. Az egészségügyi referencia értékek akut és krónikus hatású vegyületek esetén az akut referencia dózis (ARfD, mg szermaradék/testtömeg kg/nap), illetve az elfogadható napi bevitel (ADI, mg szermaradék/testtömeg kg/nap). A referenciaértékeket a WHO szakértői csoportja határozza meg, de azokat a nemzeti hatóságok szakemberei felülvizsgálhatják és elvileg meg is változtathatják. Az utóbbi esetre ismereteink szerint még nem került sor.

Jogosan merül fel a kérdés a fogyasztókban, hogy vajon az MRL felett jelenlévő növényvédőszer-maradék okoz-e bármilyen egészségkárosodást. Hangsúlyozni kell, hogy az MRL nem élelmiszer-biztonsági, hanem jogi kategória, mely szabályozza a kereskedelmi forgalomba kerülő termékekben megengedhető maximális szermaradék koncentrációt. Az MRL-értéket kismértékben meghaladó szermaradék koncentráció nem jelent automatikusan egészségi kockázatot. A szerek engedélyezését megelőzően ezért a rendelkezésre álló kísérleti eredmények és élelmiszer-fogyasztási adatok alapján nemzetközi szinten a FAO/WHO Szakértői Bizottsága (JMPR), illetve a nemzeti hatóságok, uniós szinten az EFSA számítják a fogyasztók rövid és hosszútávú expozícióját. Az expozíció számítása során arra keresik a választ, hogy a rendelkezésre álló adatokat és körülményeket mérlegelve a vizsgált fogyasztói csoport kitétsége megközelítheti-e, elérheti-e, vagy meghaladhatja-e azt a kritikusnak tekinthető referenciaszintet, amit a toxikológiai vizsgálatok alapján az erre hivatott értékelő szervek megállapítottak. Ezen referenciaértékek két leggyakoribb mutatója akut esetben az akut referencia dózis (ARfD), krónikus esetben pedig az elfogadható napi bevitel (ADI).

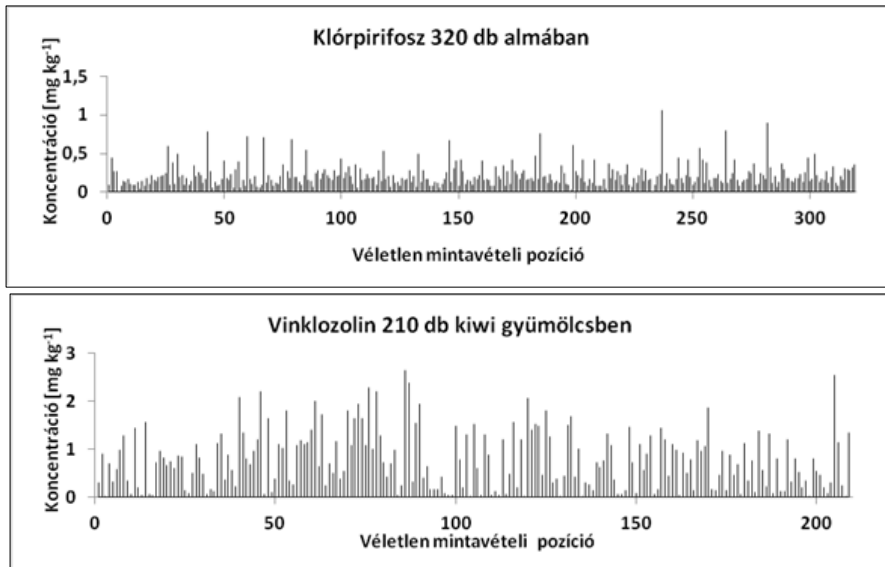
Akut esetben egy legfeljebb 24-órás időszakra vonatkozik a referenciaérték, míg a krónikusnál a megadott napi mennyiséget egy egész életen át fogyasztva sem várható káros egészségi hatás, a referenciaértékek megállapításakor rendelkezésre álló összes tudományos eredmény alapján. A referenciaértékeket testtömeg kilogrammra vonatkoztatva adják meg.

A fogyasztók rövidtávú kitétségeinek számítása

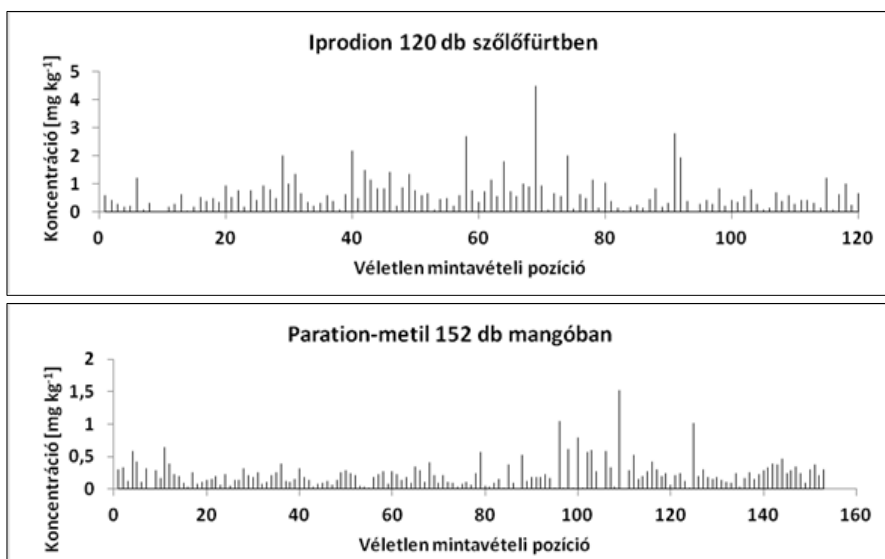
A számítás alapelve az, hogy az egyes személyek esetenként bizonyos élelmiszerekből az átlagosnál sokkal nagyobb mennyiséget fogyaszthatnak. Ha egy élelmiszerből egy alkalommal nagy mennyiséget fogyasztunk (large portion), akkor az étkezés során a menüben szereplő további ételekből csak legfeljebb átlagos mennyiséget bírunk elfogyasztani. A fogyasztott ételek növényvédőszer-maradék tartalmában, különösen a zöldségek, gyümölcsök esetében az elemi egységekben (pl. egy db alma) igen jelentős, akár 100-szoros különbségek lehetnek [61], [62], melyekre példákat az 1. és 2. ábrák szolgáltatnak.



1.Ábra : Szermaradékok petreze selyem és sárgarépa elemi mintákban (saját szerkesztés)

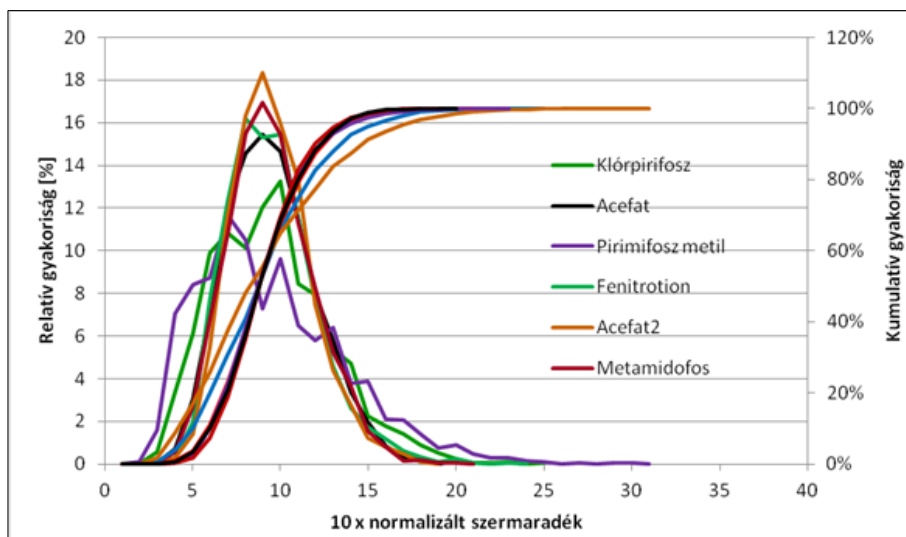


2. Ábra: Szermaradékok közepes méretű gyümölcsökben (saját szerkesztés)

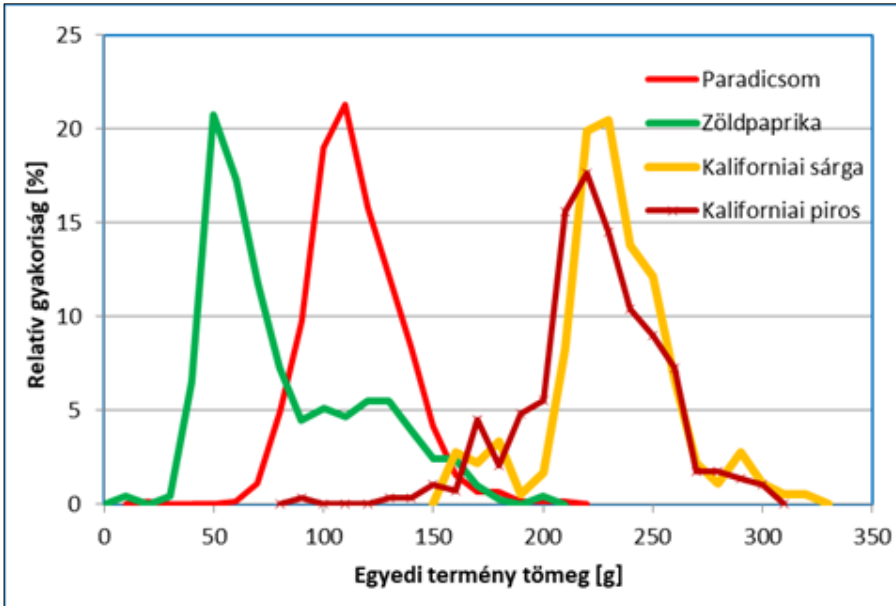


2. Ábra (folytatása): Szermaradékok közepes méretű gyümölcsökben (saját szerkesztés)

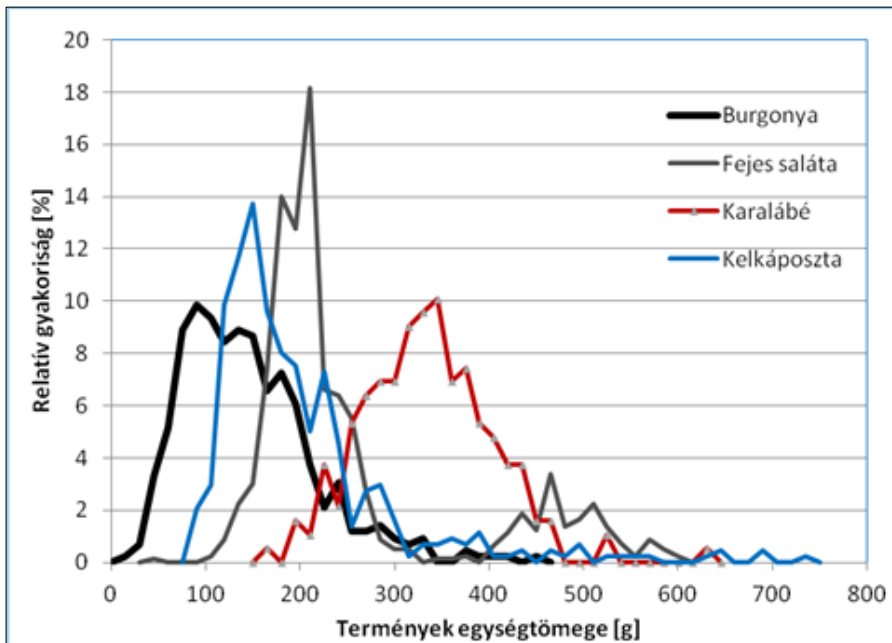
A szermaradékoknak az elemi mintákban (egy db gyümölcs vagy a termőterületen egy helyről vett maréknyi leveles zöldség) tapasztalható jelentős koncentráció-különbség természetesen a 10 elemi mintát tartalmazó és legalább 1 kg tömegű összetett minták szermaradék tartalmában is igen jelentős különbséget eredményez (3. ábra) [63]. A fogyasztott zöldségek és gyümölcsök egyedi tömegében is jelentős eltérések vannak [64]. Néhány példát a 4. és 5. ábrák mutatnak.



3. Ábra: Különböző szermaradékok eloszlása egy-egy területről származó, ismételt vett, >1kg tömegű összetett szilvamintákban (saját szerkesztés)



4. Ábra: Paradicsom, Kaliforniai zöld és sárga paprika egyedi tömegének eloszlása (saját szerkesztés)



5. Ábra: Burgonya, fejes saláta, karalábé és kelkáposzta egyedi tömegének eloszlása (saját szerkesztés)

A szermaradékok koncentrációjában lévő különbségeket az úgynevezett variabilitási faktorról v jellemezhetjük:

$$v = \frac{R_{i0.975}}{\bar{R}} \quad (1)$$

ahol R_i az egyes terményekben mért szermaradék 97,5-ik percentilise, \bar{R} a vizsgált összetett minta átlagos szermaradék tartalma [65]-[67]. Több mint 20.000 egyedi termény szermaradék-tartalmának vizsgálati eredményei alapján a JMPR szakértői a kerekített átlagos variabilitási faktort (3) alkalmazzák a fogyasztók akut expozíciójának a számításánál [65]-[66]. Ugyanazon kísérleti adatbázis alapján az EFSA úgy döntött, hogy a variabilitási faktor átlagos értéke mellett annak felső 95%-os konfidencia intervallumának megfelelő értékkel (5) is számol bizonyos zöldség és gyümölcsök esetében [67]. A különböző variabilitási faktorokat beépítették az expozíció számítására kidolgozott Primo 3 modellbe, mely már figyelembe veszi az egyes tagországok saját fogyasztási tényező adatait [68].

Részletes adatok hiányában fogyasztók expozícióját az átlagos fogyasztási adatok és a rendelkezésre álló szermaradék vizsgálati eredmények 97.5th percentilis értékeinek figyelembevételével számíthatjuk.

A nemzetközi harmonizáció céljára az International Estimated Short-term Intake (IESTI) számítás alapelveit a FAO/WHO Szakértői konzultáción dolgozták ki [69].

A számításnál két fő esetet különböztetünk meg:

(a) A mért szermaradék reprezentálja a fogyasztott élelmiszer szermaradék-tartalmát:

$$IESTI = \frac{LP \times STMR}{ttkg} \quad (2)$$

ahol LP a vizsgált élelmiszerből 24 óra alatt elfogyasztott mennyiség, STMR a szerkísérletekből származó szermaradék adatsor mediánja.

(b) Az összetett minta szermaradék-tartalma nem tükrözi az elfogyasztott élelmiszer szermaradék-tartalmát. Az előbbieket alapján a közepes méretű terményekből származó akut expozíciót leegyszerűsítve a következő képlettel számíthatjuk:

$$ESTI = \frac{U_e \times HR \times v + (LP - U_e) \times HR}{ttkg} \quad (3)$$

ahol U_e a fogyasztott termény ehető hányadának a tömege, HR a szerkísérletekben vagy a reprezentatív felmérésekben észlelt maximális szermaradék koncentrációja, v az úgynevezett variabilitási faktor, LP az adott élelmiszerből 24 óra alatt elfogyasztott mennyiség 97,5 percentilise, a $ttkg$ a fogyasztó kg-ban megadott testtömege.

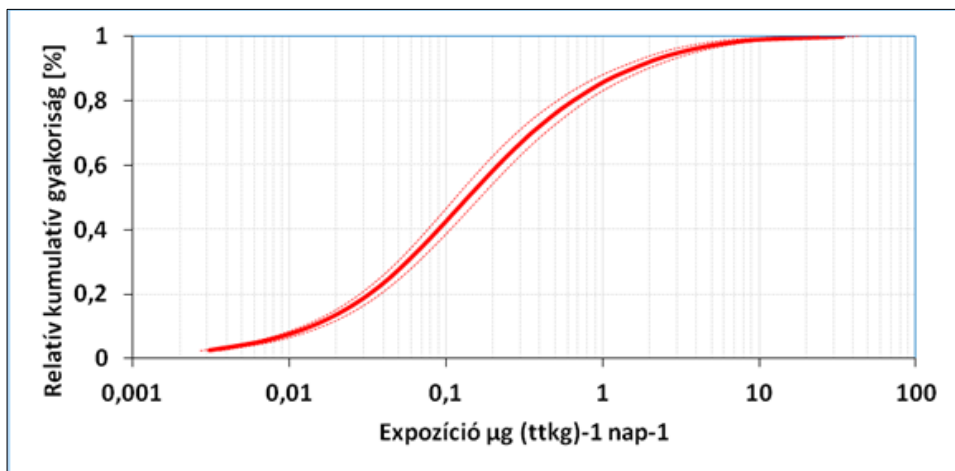
A 2. és 3. egyenlet a fogyasztói expozícióra egy pontszerű becslést ad, ami lefedi az adott élelmiszert fogyasztók 97,5%-át, de nem ad információt az expozíció eloszlására. Emiatt a különböző kémiai szennyező anyagok, növényvédőszer-maradékok pontosabb expozícióbecslésére egyre inkább elterjedt a probabilisztikus eljárások alkalmazása [9], [64], [70], [71]. A probabilisztikus modellel - feltéve, hogy kellő részletességű adatbázisok rendelkezésre állnak - mód van arra, hogy az adott napon fogyasztott összes nyers és feldolgozott élelmiszerben előforduló szermaradékot figyelembe vegyük, továbbá kiszámítsuk az

azonos toxikológiai hatású (pl. kolinészteráz enzim-gátló) szermaradékok együttes hatását [71]. A probabilisztikus becslésnél figyelembe vehetjük a vizsgált termény egyes darabjai tömegének, az elemi egységekben mért szermaradék értékeinek, továbbá az alkalmanként fogyasztott mennyiségnek az eloszlását. A számítás során véletlen visszahelyezéssel mintavétellel veszünk minden eloszlásból egy értéket és azokból számítunk egy expozíciós adatot.

$$ESTI_{nk} = 1/ttn \times ((R_k * v_{i1} * m_1) + (R_k * v_{i2} * m_2) + \dots + (R_k * v_{il} * m_L)) \quad (4)$$

ahol n a fogyasztási nap, melyre az expozíciót számítjuk, R_k a monitoring vizsgálatokból származó k -ik összetett minta átlagos szermaradék koncentrációja, v_i a kiválasztott variabilitási faktor, m_i a vizsgált gyümölcs (pl. alma) elemi egységének tömege. Az elemek számbavételét addig folytatjuk, amíg az adott napon fogyasztott alma teljes tömegét el nem érjük ($f_n = \sum m_i$). Az egyenlet utolsó tagja lehet egy egész gyümölcs fennmaradó hányada. Az eljárást sokszor (>100.000) megismételve megkapjuk a vizsgált élelmiszer és növényvédőszer kombinációból származó akut expozíció eloszlását.

Példaként a 6. ábra az alma kaptán-tartalmából számított fogyasztói expozíciót mutatja.



6. ábra: A fogyasztók rövidtávú kaptán expozíciója alma fogyasztásával probabilisztikus eljárással számítva (saját szerkesztés)

A szerzők a közelmúltban elemezték a magyar fogyasztók növényvédőszer-maradék rövid távú bevitelének kockázatát a 2017–2021-es monitoring program adatai felhasználásával, figyelembe véve több szermaradék együttes jelenlétét. Az almára, meggyre, csemegezőlőre, őszibarackra, illetve nektarinra, paprikára és szamócára kapott 2.331 vizsgálati eredményt a 2009 és 2018-2020. évi országos élelmiszerfogyasztási felmérésekből származó korszak-specifikus fogyasztási adatok felhasználásával értékelték [21], [22].

A fogyasztók hosszútávú kitétségének számítása

A krónikus becslés legnagyobb kihívása a viszonylag rövidtávra vonatkozó fogyasztási felmérések adatainak hosszú távra vonatkoztatása. Ehhez nem elég, ha napi fogyasztási adatok rendelkezésre állnak, az adott személy napi fogyasztásának változékonyságát kell jellemezni. Nyilvánvaló azonban, hogy egy kétnapos vagy akár egy hetes felmérés nem adhat számot minden olyan étel- és ital-fogyasztásról, amit a személy egész élete során magához vesz. A ritkán fogyasztott élelmiszerek esetén alul- vagy túlbecslés is előfordulhat. A legegyszerűbb megközelítés az empirikus OIM (observed individual means), amikor az adott személy, fogyasztási felmérésben rögzített napi étel- és ital-fogyasztásait átlagolják.

A napi szennyezőanyag bevitelét (EDI), a krónikus expozíció számítását a nap során fogyasztott összes étel- és ital-maradék-tartalmával el kell végezni:

$$EDI = \sum_i^n (\bar{R}_i \times C_i) \quad (5)$$

ahol \bar{R}_i az i -ik étel- és ital-maradékban található átlagos szennyezőanyag koncentrációt, a C_i pedig az i -ik étel- és ital-maradék átlagos napi fogyasztását jelenti. Az étrendi beviteli mennyiségeket az STMR vagy az STMR-P eredményei, valamint a vonatkozó fogyasztási adatok alapján számolják.

Természetesen a napi átlagos bevitelt egyes növényvédőszerre, vagy az azonos toxikológiai hatású összes szennyezőanyagra a legpontosabban, megfelelő adatbázisok birtokában a probabilisztikus módszerekkel lehet meghatározni. A helyes eredmények egyik alapfeltétele, hogy rendelkezünk az egyes étel- és ital-maradékokra és koresoportokra vonatkozó fogyasztási adatokkal.

A fogyasztási adatok felmérésére az EFSA kezdeményezésére két konzorcium dolgozott ki ajánlást [72], [73], melyet az EFSA szakértői munkacsoportja véglegesített [74]. A tagországok már ezen egységes metodika alapján végzik a nemzeti fogyasztási adatok felmérését, ami Magyarországon 2020-ban fejeződött be [75]-[76].

A számított ESTI- és EDI-értékeket a vizsgált növényvédőszerre megállapított ARfD-, illetve ADI-értékkel összevetve értékeljük.

Bizonytalanságbecslés

Természetesen a gondos tervezés és kivitelezés ellenére, a fogyasztási adatoknak jelentős lehet a bizonytalansága a fogyasztott mennyiség becsléséből, a több komponensből álló élelmiszerek változó összetételéből és a vonatkozó szennyezőanyag értékek korlátozott számából, valamint a mért koncentrációk bizonytalanságából adódóan [77]-[81].

A becslés eredménye általában egy-egy szám vagy számhalmaz, melynek értékeléséhez ismerni kell, hogyan születtek az eredmények, és az értékelésnek melyek a bizonytalan elemei. Az eredmények közlésénél mind a felül-, mind az alulbecslés lehetőségét szem előtt tartva fontos a bizonytalanságokat számba venni, azokat minőségileg és/vagy mennyiségileg egyértelműen jellemezni, továbbá meghatározni, hogy milyen, mekkora a hatásuk a kockázatbecslés egésze szempontjából. A rendelkezésre álló tudományos információk bizonytalanságát és a kockázatot jelentő tényezők variabilitását mindig mérlegelni kell. A

kockázatbecslésnél használt feltételezéseknél és a kockázatkezelési alternatívák összevetésénél gondolni kell a kombinált bizonytalanság mértékére.

A variabilitás és bizonytalanság fogalma között szükséges különbséget tenni. A variabilitás (változékonyság) a figyelembe vett rendszerben valójában megjelenő értékek tartományára utal. Egy, a humán populációban megjelenő variabilitás pl. elkerülhetetlen, ha a testmagasságban, testsúlyban vagy ételmiszerfogyasztásban megjelenő változatosságot említjük. A rendszerben lévő minden elem más-más értékeket vehet fel, és ezt a természetes változékonyságot a további információgyűjtéssel sem lehet megszüntetni.

A bizonytalanság ugyanakkor a nem ismert információkból fakad, pl. az átlagos halfogyasztás, vagy a terményen lévő átlagos szermaradék. A variabilitásnak is lehet bizonytalansága, pl. egy ételmiszer fogyasztásának variabilitására közelítő értéket tudunk mondani. Az adott értéket jellemző bizonytalanság csökkenthető további vizsgálatokkal, kutatásokkal. A bizonytalanság számszerűsítése a tévedés valószínűségére vonatkozó állítást jelent, és jellemző kifejezési módja az ún. konfidencia-intervallum megadása, ami az az intervallum, mely a valós értéket adott biztonsággal tartalmazza [82], [83].

A MONITORING VIZSGÁLATOK ÉS AZ EPIDEMIOLOGIAI FELMÉRÉSEK SZÜKSÉGESSÉGE

Az ellenőrzött körülmények között végrehajtott szermaradék vizsgálatok (ún. szerkísérletek) alapvető információt szolgáltatnak az ajánlott felhasználási körülmények között várható szermaradék-szintekről. A szerek gyakorlati körülmények közötti felhasználása jelentősen különböző technikai, környezeti körülmények között változó dózissal történik, melyek jelentősen eltérő szermaradék-koncentrációkat eredményezhetnek. Ezért a gyakorlati körülmények között előforduló szermaradék-szintek megismerése a nemzeti monitoring programok keretében alapvető fontosságú a fogyasztók expozíciójának és a környezet kitétségének pontosabb megítélése szempontjából.

A monitoring vizsgálati eredmények az epidemiológiai felmérések, többek közt a magyar lakosság, illetve a peszticidekkel foglalkozásszerűen érintkező személyek vérében és vizeletében esetlegesen megjelenő szermaradékok és fő metabolitjának a szűrővizsgálatának tapasztalataival közösen adják a legmegbízhatóbb információt a növényvédőszeres széleskörű alkalmazásának humán- és környezet-egészségügyi hatásairól [84]-[85].

ÖSSZEFOGLALÁS - JAVASLATOK

A növényvédőszeres szakszerű és körültekintő alkalmazása esetén sem kerülhető el, hogy a betakarított és a fogyasztók asztalára került élelmiszerek teljesen vegyszermertések legyenek. Azonban a szigorú engedélyezési folyamatban megfelelt peszticidek előírt felhasználása esetén várható, hogy a növényekben, illetve növényi termékekben található növényvédőszer-maradékok nem, vagy csak kis százalékban haladják meg a jogszabályban rögzített határértéket. Az integrált növényvédelem fejlődése mellett a szermaradékokkal kapcsolatos ételmiszer-biztonsági kockázatbecslés alkalmazásának kiemelt jelentősége van a fogyasztók egészségét negatívan befolyásoló rövid- és hosszútávú expozíció megelőzésében.

A globális felmelegedés, a mezőgazdasági területeket is érintő háborúk miatt bekövetkező szállítási, raktározási nehézségek, a nem megfelelő mennyiségben rendelkezésre álló növényvédőszer-készletek miatt a mikotoxin-fertőzés gyakorisága és szintje (hatékony

megelőző intézkedések hiányában) tovább növekszik, így a fenntartható ételmezés-biztonsági igény térnyerésével a peszticidek jelentőségének további növekedése várható a közeljövőben. Következésképpen az élelmiszerekben előforduló szermaradékokkal kapcsolatosan felmerülő lakossági ételmezés-biztonsági aggályok tudatos kezelése még hangsúlyosabb szerepet kap majd a világos és átlátható kockázat-kommunikációs stratégiák kialakításában. Ennek során a tudományos információkon túl a kockázatészlelést befolyásoló szubjektív szempontokat sem szabad figyelmen kívül hagyni.

Az egészséges táplálkozásban fontos szerepet betöltő zöldségek, gyümölcsök lehetséges növényvédőszer-maradékokkal való szennyezettségéhez köthető fogyasztói aggályok szem előtt tartása a friss zöldség és gyümölcs fogyasztására ösztönzés miatt is elkerülhetetlen.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] J. Gustavsson et al., "Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention", FAO Rome, 2011
- [2] S. Savary et al., "The global burden of pathogens and pests on major food crops", *Nat Ecol Evol*, vol. 3, pp. 430–439, 2019, doi: 10.1038/s41559-018-0793-y
- [3] M. Kasso és A. Bekele, "Post-harvest loss and quality deterioration of horticultural crops in Dire Dawa Region, Ethiopia", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 17, no. 1, pp. 88–96, 2018, doi: 10.1016/j.jssas.2016.01.005
- [4] H. Bon et al., "Pesticide risks from fruit and vegetable pest management by small farmers in sub-Saharan Africa - A review", *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 34, pp. 723–736, 2014, doi://doi.org/10.1007/s13593-014-0216-7
- [5] Y. Fakhri et al., (2019) "Aflatoxin M1 in human breast milk: a global systematic review, metaanalysis, and risk assessment study (Monte Carlo simulation)", *Trends Food Sci Tech*, vol. 88, pp. 333-342, 2019, doi: doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.013
- [6] F. Peles et al., "Adverse effects, transformation and channeling of aflatoxins into food raw materials in livestock", *Front. Microbiol.*, 10:2861, doi: 10.3389/fmicb.2019.02861
- [7] EFSA. Eurobarometer, 2022, online: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2022-09/EB97.2-food-safety-in-theEU_report.pdf
- [8] K.B. Simoglou és E. Roditakis, "Consumers' benefit—risk perception on pesticides and food safety—A survey in Greece", *Agriculture*, vol. 12, no. 192, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020192>
- [9] J. van Klaveren et al., "Cumulative dietary exposure assessment of pesticides that have acute effects on the nervous system using MCRA software", *EFSA supporting publication* 2019:EN-1708, 2019, doi: <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2019.en-1708>
- [10] P.S. Craig et al., "Scientific report on cumulative dietary risk characterisation of pesticides that have acute effects on the nervous system", *EFSA Journal*, vol. 18, no. 4:6087, pp. 79, 2020, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6087>
- [11] P.S. Craig et al., "Scientific report on the cumulative dietary risk characterisation of pesticides that have chronic effects on the thyroid", *EFSA Journal*, vol. 18, no. 4:6088, pp. 71, 2020, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6088>
- [12] A Bizottság (EU) 2019/533 végrehajtási rendelete (2019. március 28.) a növényi és állati eredetű élelmiszerekben, illetve azok felületén található növényvédőszermaradékok határértékeinek való megfelelés biztosítására, valamint a fogyasztók ilyen növényvédőszer-

maradékokból eredő expozíciójának értékelésére irányuló, a 2020., a 2021. és a 2022. évre vonatkozó többéves összehangolt uniós ellenőrzési programról, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0533>

[13] A Bizottság (EU) 2021/601 végrehajtási rendelete (2021. április 13.) a növényi és állati eredetű élelmiszerekben, illetve azok felületén található növényvédőszermaradékok határértékeinek való megfelelés biztosítására, valamint a fogyasztók ilyen növényvédőszer-maradékokból eredő expozíciójának értékelésére irányuló, a 2022., a 2023. és a 2024. évre vonatkozó többéves összehangolt uniós ellenőrzési programról, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R0601>

[14] "The 2015 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 15, no. 4:4791, 2017, doi: doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4791

[15] "The 2016 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 16, no. 7:5348, 2018, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5348>

[16] "The 2017 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 17, no. 6:5743, pp. 152, 2019, doi: doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5743

[17] "The 2018 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 18, no. 4, 2020, doi: [e06057 doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6057](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6057)

[18] "The 2019 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 19, no. 4:6491, pp. 89, 2021, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6491>

[19] "The 2020 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 20, no. 3:7215, 2022, doi: doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7215

[20] "The 2021 European Union report on pesticide residues in food", *EFSA Journal*, vol. 21, no. 4, 2023, doi: doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7939

[21] Á. Ambrus et al., "Evaluation of the results of pesticide residue analysis in food sampled between 2017 and 2021", *Agrochemicals*, vol. 2, pp. 409–435, 2023, doi: doi.org/10.3390/agrochemicals2030023

[22] Á. Ambrus et al., "Assessment of Hungarian consumers' exposure to pesticide residues based on the results of pesticide residue monitoring between 2017 and 2021", *Agrochemicals* 2023, 2, 458–483. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2030026>

[23] M. Murcia-Morales et al., "Presence and distribution of pesticides in apicultural products: A critical appraisal", *Trends in Analytical Chemistry*, vol. 146, 116506, 2022, doi: [10.1016/j.trac.2021.116506](https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116506)

[24] P. Parrilla Vázquez et al., "Pesticide residues in spices and herbs: Sample preparation methods and determination by chromatographic techniques", *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, vol. 115, pp. 13-22, 06/2019, doi: doi.org/10.1016/j.trac.2019.03.022

[25] M. García-Vara et al., "QuEChERS-based Analytical Methods Developed for LC-MS/MS Multiresidue Determination of Pesticides in Representative Crop Fatty Matrices: Olives and Sunflower Seeds", *Food Chemistry*, vol. 386, 132558, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132558>

[26] A. Verger Philippe et al., "Occurrence of pesticide residues in fruits and vegetables for the Eastern Mediterranean Region and potential impact on public health", *Food Control*, vol. 119, 107457, 2021, doi: doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107457

[27] A. H. Hana, "Effect of Physiochemical Parameters, Chemical Parameters and Pesticides Residual on Drinking Water in El-Managil Area, Algazeera State, Sudan, Africa", *Journal of Geosciences*, vol. 2, no. 2, 2019, online: <http://repository.sustech.edu/handle/123456789/25821>

- [28] G.-F. Pang et al., "Multi-residue method for the determination of 450 pesticide residues in honey, fruit juice and wine by double-cartridge solid-phase extraction/gas chromatography-mass spectrometry and liquid chromatography-tandem mass spectrometry", *Food Additives and Contaminants*, vol. 23, no. 8, pp. 777-810, 2006, doi: [/dx.doi.org/10.1080/02652030600657997](https://doi.org/10.1080/02652030600657997)
- [29] I. Changjian et al., "The present situation of pesticide residues in China and their removal and transformation during food processing", *Food Chemistry*, vol. 354, 129552, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129552>
- [30] M. L. Xu et al., "Comprehensive Strategy for Sample Preparation for the Analysis of Food Contaminants and Residues by GC-MS/MS: A Review of Recent Research Trends", *Foods*, vol.10, 2473, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10102473>
- [31] Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare, "Agricultural Chemical Residues in Foods", online: https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryu/index_00016.html
- [32] T. Tran-Lam et al., "A Combination of Chromatography with Tandem Mass Spectrometry Systems (UPLC-MS/MS and GC-MS/MS), Modified QuEChERS Extraction and Mixed-Mode SPE Clean-Up Method for the Analysis of 656 Pesticide Residues in Rice", *Food*, vol. 10, 2455, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10102455>
- [33] Ly. Tuan-Kiet et al., "Quantification of 397 pesticide residues in different types of commercial teas: Validation of high accuracy methods and quality assessment", *Food Chemistry*, vol. 370, no. 15, 130986, 02/2022, doi: doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130986
- [34] Australian National Residue Survey, online: <https://www.awe.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/food/nrs>
- [35] J. O. Mozzaquatro et al., "Dithiocarbamate Residues in Fruits and Leaves of Passion Fruit (*Passiflora edulis*) from Different Brazilian Regions", *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 30, no. 9, pp. 1834-1840, 2019, doi: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20190091>
- [36] J. O. Mozzaquatro et al., "Pesticide residues analysis in passion fruit and its processed products by LC-MS/MS and GC-MS/MS: Method validation, processing factors and dietary risk assessment", *Food Chemistry*, vol. 375, 131643, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131643>
- [37] N. Michlig et al., "Validation of a high-throughput method for analysis of pesticide residues in hemp and hemp products", *Journal of Chromatography*, vol. 24, no. 1645:462097, 2021, doi: [10.1016/j.chroma.2021.462097](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462097)
- [38] US Food and Drug Administration, "Pesticide Residue Monitoring Program", 2017, online: <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Pesticides/ucm2006797.htm>
- [39] US Department of Agriculture/Agricultural Marketing Services, "Pesticide Data Program", online: <https://www.ams.usda.gov/datasets/pdp>
- [40] US Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, "PDP Databases and Annual Summaries", online: <https://www.ams.usda.gov/datasets/pdp/pdpdata>
- [41] USDA, "Pesticide Data Program: Annual Summary, Calendar Year 2020", 2022, online: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2020PDPAnnualSummary.pdf>

- [42] Az Európai Parlament és a Tanács 1107/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a növényvédő-szerek forgalomba hozataláról valamint a 79/117/EGK és a 91/414/EGK tanácsi irányelvek hatályon kívül helyezéséről, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R1107&from=hu>
- [43] Az Európai Parlament és a Tanács 396/2005/EK rendelete (2005. február 23.) a növényi és állati eredetű élelmiszerekben és takarmányokban, illetve azok felületén található megengedett növényvédőszer-maradékok határértékéről, valamint a 91/414/EGK tanácsi irányelv módosításáról, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005R0396&from=EN>
- [44] WTO, "On-going Review of Maximum Residue Levels for Pesticides in the European Union Under Article 12 Of Regulation (Ec) No. 396/2005", online: https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-07/pesticides_mrl_guidelines_mrl-review_en.pdf
- [45] EC, "EU Pesticide Database", online: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/products> és <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>
- [46] EPA, "Summary of the Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act", online: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-federal-insecticide-fungicide-and-rodenticide-act>
- [47] EPA, "Pesticides: Regulation of pesticides", 2017, online: <http://npic.orst.edu/reg/in-treg.html>
- [48] Australian Government, "Agricultural and Veterinary Chemicals Code, Standards", 2022, online: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2022L00137>
- [49] Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority, "Publications and Guidelines", 2016, online: <https://apvma.gov.au/node/20031>
- [50] Y. Yamada, "Importance of Codex Maximum Residue Limits for Pesticides for the health of Consumers and International trade", *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Á. Ambrus and D. Hamilton (Eds), World Scientific, New Jersey, pp. 269-282, 2017
- [51] D. Hamilton et al. "Evaluation of pesticide residues by FAO/WHO JMPR", *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Á. Ambrus and D. Hamilton (Eds), World Scientific Publishing Europe Ltd., London, pp. 113-196, 2017
- [52] R. Solecki et al. "OECD Documents and Test Guidelines", *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Á. Ambrus and D. Hamilton (Eds), World Scientific Publishing Europe Ltd., London, pp. 13-36, 2017
- [53] "OECD MRL calculator: user guide", *OECD Series on Pesticides*, no. 56, 2011, online: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2011\)2&doclanguage=en](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2011)2&doclanguage=en)
- [54] Codex Alimentarius, "Pesticide Index", online: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/>
- [55] P. Humphrey et al., "Principles of safety assessment of pesticides at national levels", *Food Safety Assessment of Pesticide Residues*, Á. Ambrus and D. Hamilton (Eds), World Scientific Publishing Europe Ltd., London, pp. 37-112, 2017
- [56] New Zealand Ministry of Primary Industries, "Pesticide maximum residue level legislation around the world", online: <https://www.mpi.govt.nz/agriculture/plant-products-requirements-and-pesticide-levels/pesticide-maximum-residue-levels-mrls-for-plant-based-food-for-nz-and-other-countries/pesticide-maximum-residue-level-legislation-around-the-world/>

- [57] Biblioteca de temas de Agrotóxicos - Governo do Brasil, 2022, online: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/legislacao/bibliotecas-tematicas/arquivos/agrotoxicos.pdf>
- [58] Monografias de agrotóxicos — Português (Brasil), 2021, online: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/dadosabertos/informacoes-analiticas/monografias-de-agrotoxicos>
- [59] Vietnam MoH Circular 50/2016 Regulations on MRL of pesticide in food, online: <https://docs.google.com/document/d/1aFCDAebCg1n9CisUJ7i1TMP65XtXwjn2/edit?usp=sharing&oid=113980210003990058269&rtpof=true&sd=true>
- [60] ASEAN Maximum Residue Levels, online: <https://asean.org/wp-content/uploads/images/2015/October/outreach-document/Edited%20MRLs-2.pdf>
- [61] Zs. Horváth et al., "Characterization of distribution of pesticide residues in crop units", *J. Environ. Sci. and Health, Part B*, vol. 48, pp. 615-625, 2013, doi: <https://doi.org/10.1080/03601234.2013.777277>
- [62] Á. Ambrus et al., "Nature of the field-to-field distribution of pesticide residues", *J. Environ. Sci. and Health, Part B*, vol. 49, pp. 229-244, 2014, doi: 0.1080/03601234.2014.868272
- [63] Á. Ambrus et al., "Principles and practices of control of pesticide residues in food", *Journal of Food Investigation*, vol. LX, no. 2, pp. 8-32, 2014
- [64] A. Zentai et al. "A fogyasztók növényvédőszermaradékból származó expozíciójának finomítása, 1. rész", *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, vol. LXI, no. 3, pp. 681-719, 2015
- [65] D. Hamilton et al., "Pesticide residues in food—Acute dietary exposure", *Pest Manag. Sci.* vol. 60, pp. 311–339, 2004, doi: <https://doi.org/10.1002/ps.865>
- [66] FAO, "Short-term dietary intake assessment: uncertainties in the international estimated short-term intake (IESTI) calculation and its interpretation", *Pesticide Residues in food, Plant Production and Protection Paper*, vol. 187, Rome, 2006, online: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmpr/jmpr-rep/en/>
- [67] "Opinion of the Scientific Panel on Plant Health, Plant Protection Products and their Residues on a request from the Commission related to the appropriate variability factor(s) to be used for acute dietary exposure assessment of pesticide residues in fruit and vegetables", *EFSA J.* vol. 177., pp. 1–61, 2005, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.177>
- [68] "Guidance on use of EFSA Pesticide Residue Intake Model (EFSA PRIMo revision 3)", *EFSA Journal*, vol. 16, no. 1:5147, pp. 43, 2018, doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5147>
- [69] FAO/WHO, "Food consumption and exposure assessment of chemicals", Geneva, 1997, online: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63988/1/WHO_FSF_FOS_97.5.pdf
- [70] M. Pieters et al., "Probabilistic modeling of dietary intake of substances - The risk management question governs the method", *RIVM report*, vol. 320011001, 2005, online: <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/7301/1/320011001.pdf>
- [71] A. Zentai et al., "A fogyasztók növényvédőszermaradékból származó expozíciójának finomítása, 2. rész", *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, vol. LXI, no. 4, pp. 801-845, 2015

- [72] Á. Ambrus et al., "Pilot study in the view of a Pan-European dietary survey - adolescents, adults and elderly", 2013, online: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2013.EN-508>
- [73] M. Ocké et al., "Feasibility of dietary assessment methods, other tools and procedures for a pan-European food consumption survey among infants, toddlers and children", *Eur J Nutr*, Vol. 54, pp. 721–732, 2015, doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-014-0750-8>
- [74] "Guidance on the EU Menu methodology", *EFSA Journal*, vol. 12, no. 12:3944, pp. 80, 2014, doi: [10.2903/j.efsa.2014.3944](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3944)
- [75] K. Csizmadia et al., "Hungarian national food consumption survey on adults", *EFSA supporting publication*, 2020:EN-1981, pp. 26, doi: [10.2903/sp.efsa.2020.EN-1981](https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1981)
- [76] K. Csizmadia et al., "Hungarian national food consumption survey on toddlers and other children", *EFSA supporting publication*, 2020:EN-1982, pp. 26, doi:[10.2903/sp.efsa.2020.EN-1982](https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1982)
- [77] Á. Ambrus és J. Szenczi-Cseh, "Principles of estimation of combined uncertainty of dietary exposure to pesticide residues", *EC Nutrition*, vol. 7., no. 5, pp. 228-251, 2017
- [78] J. Szenczi-Cseh és Á. Ambrus, "Uncertainty of exposure assessment of consumers to pesticide residues derived from food consumed", *J Environ Sci Health, Part B*, vol. 52, no. 9, pp. 658-670, 2017, doi: [10.1080/03601234.2017.1331671](https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1331671)
- [79] J. Szenczi-Cseh és Á. Ambrus, "Validation of a Food Quantification Picture Book and Portion Sizes Estimation Applying Perception and Memory Methods", *Int J Food Sci Nutr.*, vol. 68, no. 8, pp. 960-972, 2017, doi: [10.1080/09637486.2017.1309521](https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1309521)
- [80] Á. Ambrus et al. "Factors affecting the quantitative uncertainty of the estimated short-term intake. Part I – Calculation methods", *J Environ Sci Health, Part B*, vol. 53, pp. 394-403, 2018, doi: <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1439815>
- [81] Á. Ambrus et al., "Factors affecting the quantitative uncertainty of the estimated short-term intake Part II—Practical examples", *J Environ. Sci Health, Part B.*, vol. 53, pp. 404-410, 2018
- [82] A. Zentai, "Növényvédőszer-maradékok és más szennyezőanyagok élelmiszer-fogyasztásból származó akut expozíciójának probabilisztikus modellezése" Budapesti Corvinus Egyetem, PhD-értekezés, 2015, online: http://phd.lib.uni-corvinus.hu/910/1/Zentai_Andrea.pdf
- [83] J. Szenczi-Cseh, "A fogyasztók növényvédőszer-maradék expozíciója bizonytalanságát befolyásoló tényezők", Szent István Egyetem, PhD-értekezés, 2017, online: https://archive2020.szie.hu/file/tti/archivum/Szenczi-Cseh_Julia_ertekezes.pdf
- [84] H. Louro et al., "Human Biomonitoring in Health Risk Assessment in Europe: Current Practices and Recommendations for the Future", *Int J Hyg Environ Health*, vol. 222, no. 5, pp. 727–737, 2019, doi: [10.1016/j.ijheh.2019.05.009](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.009)
- [85] L.L. Aylward, "Integration of Biomonitoring Data into Risk Assessment", *Curr Opin Toxicol*, vol. 9, pp. 14–20, 2018, doi: [10.1016/j.cotox.2018.05.001](https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.05.001)

RÓNAVÁRI Andrea¹ – KOZMA Gábor² – KÓNYA Zoltán³**Abstract**

Over the past decade, we have witnessed the development of newer nano-based foods (containing nanoscale materials or nanotechnology), innovative food packaging materials, so-called "green-nanotechnology" crop production, or nano-biosensors introduced in the field of food safety and waste-reduction. The exploitation and development of nanotechnology-based processes related to the food industry has resulted in numerous patents, as food technologists and engineers constantly need to find new ways to develop foods that may appeal to consumers globally. At the same time, the use of nanoparticles in food technology poses a major challenge due to concerns about the health and safety of consumers. In this article, the nanotechnology applications related to currently available food, the development trends and their effects on the food industry are summarized.

Keywords

nanotechnology, food industry, nutrition, food safety

Absztrakt

Az elmúlt évtizedben szemtanúi lehettünk az újabbnál újabb nanoalapú (nanoméretű anyagokat tartalmazó vagy nanotechnológiával előállított) élelmiszerek, innovatív élelmiszer csomagolóanyagok, az úgynevezett „zöld-nanotechnológiás” növénytermesztés, vagy az élelmiszer-biztonság és hulladékcsökkentés fényében bevezetett nano-bioszenzorok fejlődésének. Az élelmiszeriparral kapcsolatos nanotechnológia alapú eljárások kiaknázása és fejlesztése számos szabadalmat eredményeztek, mivel az élelmiszertechnológusoknak és mérnököknek folyamatosan új módszereket kell találniuk az olyan élelmiszerek fejlesztése közben, amelyek globális szinten vonzóak lehetnek a fogyasztók számára. Ugyanakkor a nanorészecskék élelmiszertechnológiában való alkalmazása, a fogyasztók egészségével és biztonságával kapcsolatos aggodalmak miatt nagy kihívást jelent. Ebben a dolgozatban összefoglaljuk a jelenleg elérhető élelmiszerekkel kapcsolatos nanotechnológiai alkalmazásokat, a fejlesztési irányzatokat és ezek élelmiszeriparra gyakorolt hatásait.

Kulcsszavak

nanotechnológia, élelmiszeripar, táplálkozás, élelmiszer-biztonság

¹ ronavari@chem.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0001-7054-0975 | research fellow, Department of Applied and Environmental Chemistry, Faculty of Science and Informatics, University of Szeged | tudományos munkatárs, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

² kozmag@chem.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0003-2033-0720 | Assistant professor, Department of Applied and Environmental Chemistry, Faculty of Science and Informatics, University of Szeged | adjunktus, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

³ konya@chem.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0002-9406-8596 | Full professor, Department of Applied and Environmental Chemistry, Faculty of Science and Informatics, University of Szeged | Egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

BEVEZETÉS

A „nano-tudomány” a nanoméretű anyagokkal, valamint azok méret- és szerkezetfüggő tulajdonságainak megértésével foglalkozik, összehasonlítja az egyedi atomok, molekulák, vagy tömbi anyagok megjelenésével kapcsolatos különbségeket. A tudományterületen belül a nanotechnológia a nanoméretű anyagok kezelését és szabályozását jelenti, melynek célja a különböző ipari és gyógyászati eljárások és anyagok fejlesztése. Így a nanotechnológia egy olyan átfogó tudományág, ami alkalmazza a fizikai, kémiai, anyagtudományi és más mérnöki tudományokkal kapcsolatos ismereteket. Sok más példához hasonlóan, az emberiség a nanoméretű anyagokat már évezredek óta használja, azonban a célirányos kutatásuk és alkalmazásuk a múlt század végén vált jelentőssé. Népszerűségük oka a méretüknek és nagy fajlagos felületüknek köszönhető, amik miatt egyedi fizikai és kémiai tulajdonságokat mutatnak. [1, 2] A nanoanyag kifejezés alatt azokat az anyagokat értjük, melyek esetén a részecskeméret legalább egyik dimenziójában 1-100 nm közé esik. Az alapján, hogy az átlagos részecske alak hány dimenziójában kisebb ennél a kritikus méretnél, megkülönböztetünk 0, 1 és 2 dimenziós nanorészecskéket, amelyek ebben a sorrendben a nanopötty; nanocső vagy nanoszál; illetve réteges, lamellás szerkezetet jelentenek. [3, 4]

Az élelmiszeripar kezdetben kifejezetten nyitott volt a "nano" korszak vívmányaira, amit elősegített az ilyen jellegű kutatások kiemelt anyagi támogatása és a fogyasztók egyre nagyobb igénye az egyre egészségesebb termékek iránt. A "nanotechnológia" használatának lehetőségei tehát arra készítettek az élelmiszertudósokat, hogy innovatívan gondolkodjanak ezen elvárások kielégítésére. A nanotechnológiát alkalmazó élelmiszerek piacát azonban a kezdeti lelkesedés ellenére lassították a fogyasztók potenciális kockázatainak aggályai, [5-7], az Egészségügyi Világszervezet [8], a nemzeti kormányzati szabályozó szervek [9], így a tudomány képviselői [10] és az ipar élelmiszer-biztonsági szempontból minden esetben megvitatják és értékelik „nanoélelmiszerek” várható hatását az emberi szervezetre. Ennek okán közel két évtizeddel ezelőtt vezető élelmiszeripari szakemberek, tudományos körök és kormányzati szervek létrehoztak egy olyan fórumot, amely megvizsgálja a nanoalapú anyagok élelmiszerekbe történő bevezetésének lehetőségeit.

Az első széles körben alkalmazott eljárás során vékony szeretlen bevonatokat alakítottak ki az élelmiszerek felszínén, ami megnövelte eltarthatóságukat [11]. Később olyan biokompatibilis anyagok fejlesztésére törekedtek, amik megelőzik a különböző kórokozók (pl.: *Salmonella choleraesuis*) az élelmiszerek felszínén történő megtapadását és szaporodását. [12] Egy másik nagy kutatási területnek számít a nanotechnológiás csomagolóanyagok tervezése, amik egyszerre lehetnek alkalmasak az élelmiszerek oxidatív úton történő romlásának megakadályozására, vagy éppen bioszenzorok alkalmazásával az adott élelmiszer fogyaszthatóságának jelzésére. [13]

NANOTECHNOLÓGIA AZ ÉLELMISZERIPARBAN

A félelmekkel szemben a nanotechnológia alkalmazása az élelmiszerekben számos lehetőséget kínál a jobb és biztonságosabb fogyasztási cikkek előállítására. Jelenleg négy fő élelmiszer-fejlesztési területre van kiemelt hatással: ezek a mezőgazdaság; az élelmiszerfeldolgozóipar; az élelmiszer csomagolás; és a speciális táplálékkiegészítők (1. ábra). Ezekkel alapvetően létrehozhatunk teljesen új funkcionális anyagokat, a tápérték növelését segítő bioaktív összetevőket, olyan funkcionalizált nanorészecskéket, melyek bioszenzorként

használhatunk, vagy a termékek eltarthatóságát jelentősen megnövelő csomagolóanyagokat. Léteznek olyan nanokapszulák, melyek aktiválásával az élelmiszer színe vagy íze szabályozható a fogyasztó igénye szerint [14], vagy például a Nestlé saját fejlesztése az olyan illékony vegyületek, illat és ízanyagok emulgeált rendszerekben való megőrzése, amivel ezen aromatizáló ágensek tartósan az élelmiszerben maradnak. [15] A mezőgazdaság terén a peszticidek célzott alkalmazásában jelentős a nanoanyagok felhasználása [16], sőt, ma már olyan növényi bevonatok is készülnek, amelyek a víz vagy tápanyagszükségletet képesek jelezni [17]. A nanotechnológia használata az élelmiszerek eltarthatóságának javításával, a romlás és így az élelmiszerpazarlás csökkentésével, valamint a termékek biztonságának és minőségének javításával, nyilvánvaló előnyökkel jár mind egészségügyi, mezőgazdasági, gazdasági és környezetvédelmi szempontból.



Mezőgazdaság	Feldolgozóipar	Csomagolás	Táplálékkiegészítők
Nanopeszticidek	Tápanyagok nanokapszulázása	Antitestek és fluoreszcens nanorészecskékkel érzékelt patogének kimutatása	Nanoméretű hatóanyagok a jobb felszívódás érdekében
Nanotrágák alkalmazása	Ízfokozók, aroma helyettesítők	Biodegradábilis hőmérséklet, páratartalom és szavatossági idő kijelzése	Bevonatok probiotikumok megővéséhez
Nanoszenzorok a növények igényeinek indikálására	Gélek, viszkozitás növelők nanorészecskék segítségével	Nanobevonatokkal gátolt oxidáció	Nanokapszulázás a célzott transzport elősegítésére
Gyógyhatású készítmények nanokapszulázása	Patogén baktériumok szaporodásának gátlása	Módosított áteresztőképességű csomagolóanyagok	Nanotercsek tápanyagszállításra az íz és étel színének megőrzésével
Génmódosítás nanotranszporterek segítségével	gyógyszerekkel és bevonatokkal	Erősebb, könnyebb, újrahasznosítható csomagolóanyagok	
Növényi patogének érzékelése nanoszenzorokkal	Nanoemulziók a tápanyagok jobb elérhetőségéért és a jobb felszívódásért		

1. Ábra: A nanotechnológia alkalmazása az élelmiszeripar különböző területein

Garti és társai [18] olyan többfázisú nanoemulziókat fejlesztettek ki, melyekkel a tápanyagok olajban vagy vízben való oldódása sokszorosára javítható. Ez elsősorban annak a tulajdonságának köszönhető, hogy a nanoemulziók három nagyságrenddel kisebbek a megszokott mikroemulzióknál, ami a tápanyagszállításban is hatalmas előnyt jelent. Ennek köszönhetően a gyógyszerzállításhoz is használt polimer nanorészecskékre vonatkozó tanulmányok innovatív módszerekhez vezettek a "funkcionális élelmiszerek" kifejlesztése terén [19]. A biológiailag lebomló polimerekbe, például PLGA-ba ágyazott gyógyszerkészítmények heteken vagy hónapokon keresztül ellenőrzött felszabadulási tulajdonságokat mu-

tatnak, ha szájon át adják a betegeknek. Ugyanezt a stratégiát alkalmazzák az alacsony biológiai hozzáférhetőségű, szájon át alkalmazott gyógyszerek terápiás hatásainak fokozására, hogy olyan étrendkiegészítőket szállítsanak, amelyek csekély tápértékűek alacsony stabilitásuk miatt. [20]

A nanotechnológia szerepet kapott a probiotikumok szállításának javításában is. A természetes biológiai folyamatokon keresztül tápláló, hasznos mikroorganizmusok transzportját a nanokapszulázási technológia segíti. A probiotikumokban használt baktériumok előnyei csak úgy aknázhatóak ki, ha azok képesek elérni a test meghatározott helyeit anélkül, hogy megsemmisülnének. Ezen követelményeknek való megfelelés érdekében a probiotikumok beágyazása nagy figyelmet kap az élelmiszeriparban, aminek fényében számos esetben étrendkiegészítőként szabadalmaztattak a gyomorsavval történő lebomlásra rezisztens, nanobevonatú probiotikus baktériumokra.

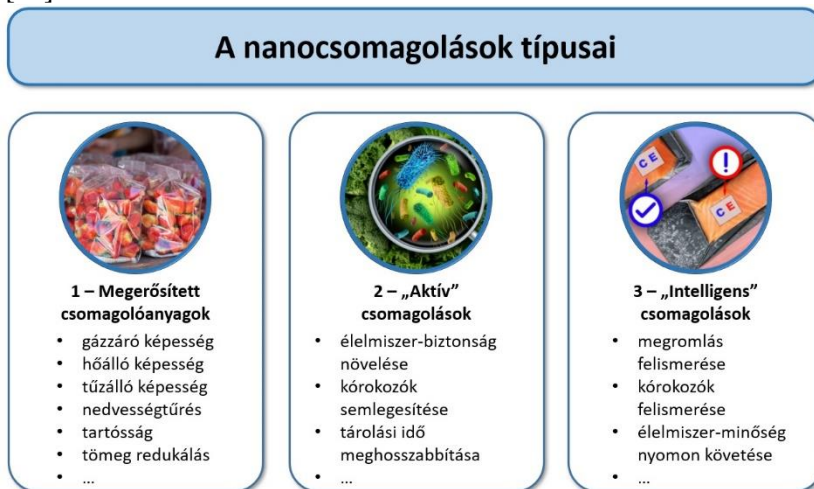
Az élelmiszeripar kiindulási pontjának számító mezőgazdaságban is a nanoanyagok számos lehetséges alkalmazással rendelkeznek. Ezen a területen az egyik legintenzívebben kutatott terület az úgynevezett „nanotrágya” fejlesztése. Ezek az anyagok úgy javítják a terméshozamot és a minőséget a hatékonyabb tápanyagfelhasználáson keresztül, hogy közben csökkentik a termelési költségeket, így hozzájárulnak a mezőgazdasági fenntarthatósághoz is. [21] Kimutatták például a szójabab esetében, hogy a foszfáttartalmú nanotrágyával kezelt növények növekedési üteme 32 %-kal, míg maghozama 20 %-kal emelkedett a hagyományos trágyához képest. [22]

A növényvédő szerek használata rendszeres gyakorlat a kereskedelmi mezőgazdaságban. Az alkalmazott növényvédő szereknek általánosan csak nagyon kis mennyisége (~1%) éri el a célkárosítókat, míg a fennmaradó 99% szennyezi a környezetet, ami súlyos következményekkel jár az élelmiszerláncra és az emberi egészségre. A nanopeszticidek fontosak a kártevők hatékony és fenntartható kezeléséhez, és képesek minimalizálni a szintetikus vegyi anyagok használatát. A nanopeszticidek azonban egészségügyi problémákat is felvetnek. A környezetvédelmi ügynökség (EPA, USA) véleménye szerint a nanopeszticidek kis méretük miatt fokozottabb dermális felszívódással bírnak és könnyebben átjuthatnak a sejtmembránokon, illetve belélegezve mélyen behatolhatnak a tüdőbe. Ezen kockázatok figyelembevételével is érdemes mérlegelni a nagyságrendekkel nagyobb mennyiségben alkalmazott rovarirtók ellenében a nanopeszticidek szabályozhatóbb alkalmazását.

ÉLELMISZER CSOMAGOLÁS

Az élelmiszerek elfogadható ára, megfelelő minősége, összetétele és kellemes íze mellett, az ételek biztonságos fogyaszthatósága, a fogyasztók élelmiszer-biztonsági igénye is nagyon fontos szempont. Az élelmiszerek minőségének minél hosszabb ideig történő megőrzése, vagy más néven tartósítása mindig is egy igen fontos megoldandó probléma volt. Az élelmiszerek mikroorganizmusok általi szennyeződésektől vagy az oxidációtól való megóvására használt ún. appertizálás (konzerválás) és pasztörözés (a mikrobák hőkezeléssel történő megsemmisítése) technikáját még a 18. században fejlesztették ki. Azonban az ilyen megoldások napjainkban csak korlátozottan használhatók az élelmiszereken megtapadó, opportunistá, gyorsan fejlődő és rendkívül ellenálló, levegőben terjedő mikrobák elleni védelemben. [23, 24] Az élelmiszer eredetű mikrobiális kórokozók által okozott betegségek és halálesetek óriási gazdasági terhet rónak az egészségügyi szektorra, és a problémát csak súlyosbítják az egyre ellenállóbbá váló mikrobiális törzsek. [25]

A tartósítás egyik alappillére a megfelelő csomagolás kiválasztása. A legkorszerűbb, nanotechnológián alapuló ún. „intelligens/smart” és „aktív” élelmiszer-csomagolási eljárások alkalmazása számos előnnyel jár a hagyományos csomagolási módszerekkel szemben (2. ábra). [24]



2. Ábra: intelligens/smart és aktív élelmiszer-csomagolási eljárások

Ezen előnyök közé sorolható, hogy az aktív csomagolóanyagok jobb mechanikai szilárdsággal és zárótulajdonságokkal, sokszor antimikrobiális hatású bevonatokkal rendelkeznek. [26] Az ilyen csomagolóanyagok esetében, az élelmiszerek eredetéről és biztonsági állapotáról, kórokozók jelenlétéről nanoszenzorok segítségével kaphatunk figyelmeztetéseket valós időben a szállításuk és tárolásuk során. [27]

A modern élelmiszercsomagolásokban használt nanokompozit anyagokat úgy állítják elő, hogy valamilyen kiváló tulajdonságú polimert nanoméretű részecskék hozzáadásával erősítenek meg, amely nanocsomagolások sok szempontból meghaladják a hagyományos csomagolások minőségét. Például ma már széleskörben ismert, hogy a nanoanyag-polimerek szerkezeti elrendezésük révén kiváló mechanikai jellemzőkkel rendelkeznek. [28] Ezek a nanoanyag-polimer kompozit csomagolóanyagok kiválóan alkalmasak élelmiszerek tárolására, mivel kevésbé áteresztőek a gázok számára, mint más anyagok. Emellett ugyanaz az ellenállóképesség fele olyan vastagságú nanoanyag-polimerrel is elérhető, mint más nanokompozitok használatával, így az ezekből a nanoanyag-polimerekből készült csomagolóanyagok könnyebbek és előállításuk kisebb gyártási költséggel jár. A nanoanyagok mellett más inert anyagokkal, mint például szilika-, kitin- vagy kitozán nanorészecskékkel is dúsíthatóak a polimerek, ezáltal szintén erősebb, könnyebb, tűzállóbb és jobb hőálló képességű kompozitok állíthatók elő. [29]

Egy másik jelentős globális probléma az élelmiszerpazarlás és -romlás, amely első sorban akkor következik be, amikor az élelmiszer-részecskék hosszabb ideig légköri gázokkal, nedvességgel vagy fénnel érintkeznek. Az élelmiszer-csomagolás zárótulajdonságai így kritikus szerepet játszanak az élelmiszerek tartósításában, egy jól megtervezett, jól záródó csomagolóanyag segítségével csökkenteni lehet az olyan szennyezett élelmiszerekből származó hulladék kibocsátást, amely a környezeti elemek behatásának az eredménye-

ként keletkezik. Erre a problémára az élelmiszeriparban elérhető megoldások közül kiemelendők azok a csomagolások, melyek záró tulajdonságait olyan nanoanyagok beépítésével oldották meg, amelyek jelentősen csökkentik a lebontó anyagok légkörből való bejutását. Olyan alacsony áteresztőképességű nanokompozitokat fejlesztettek ki, amik nanokompozitokból, például különböző nanoanyagokból készültek hőre lágyuló műanyagok és elasztomerek hozzáadásával. Szintén élelmiszer-csomagoló alkalmazásokban vizsgálták az alacsony sűrűségű polietilén (LDPE) polimereket nanokompozit anyagokkal kombinálva. [30] Ezen mérések során kimutatták, hogy ezek a nanokompozit polimerek kiváló termikus és mechanikai tulajdonságokkal, valamint megnövelt oxigénzáró tulajdonsággal rendelkeztek, ezáltal az élelmiszerek biztonságosabb hosszabbtávú tartósítását tették lehetővé. Az LDPE-nanokompozit anyag oxigénzáró képessége valószínűleg a polimer-kompozit szerkezetének és a nagy fajlagos felületének köszönhető, így ezen anyagokból készült csomagolás jelentősen késlelteti a légköri gázok bejutását a tasakba.

Az élelmiszeriparban az antimikrobiális hatású csomagolások gyártása iránt egyre nő az igény, különösen az élelmiszerek minőségének és eltarthatóságának növelése miatt. Az antibakteriális tulajdonságaiknak köszönhetően a csomagolóanyagokban a nanoezüst kompozitok felhasználása terjedt el leginkább. [31] Az ezüst nanorészecskék antibakteriális szerként való alkalmazása nem újdonság, már korán megfigyelték, hogy az ezüst erősen gátolja a baktériumok növekedését és anyagcseréjét. Azonban ipari méretű felhasználáshoz zöld, környezetbarát előállítási módszer szükséges. John és munkatársai (2003) egy innovatív zöld környezetbarát gyártási módszerről számoltak be, amely során egy antibakteriális fedőréteggel képesek bevonni különböző fém nanorészecskéket csupán egyetlen lépésben. [32] Az eljárás magába foglalja különböző olajok, például növényi olajok oxidatív szárítását szerves oldószer jelenlétében. Az általuk ismertetett eljárás előnye, hogy minimálisra csökkenti a környezetszennyezést a bevonási folyamat során szükséges szerves oldószer mennyiségének csökkentésével.

Emellett a kutatók számos olyan új módszert fejlesztettek ki az élelmiszer-kórokozók megcélzására, amelyek válaszreakciós mechanizmust alkalmaznak. Az antimikrobiális szerekkel töltött nanorészecske kapszulákat úgy tervezték meg, hogy a kapszulákból aktív hatóanyagok szabaduljanak fel a membránlizáló szerek bakteriális szekréciójára reagálva. [33]

A bioszenzorok fejlesztéséhez használt nanoanyagok magas szintű érzékenységet és szelektivitást tesznek lehetővé az élelmiszeripari megoldásokban. Az élelmiszer-mikrobiológiában (bio)nanoszenzorokat használnak a kórokozók kimutatására feldolgozóüzemekben vagy élelmiszer-alapanyagokban a rendelkezésre álló élelmiszer összetevők mennyiségi meghatározására, a fogyasztók és a forgalmazók figyelmeztetésére az élelmiszerek biztonsági állapotáról. A nanoszenzor olyan indikátorként működik, amely reagál a környezeti feltételek változásaira, például a tárolóhelyiségek páratartalmának vagy hőmérsékletének változására, mikrobiális szennyeződések megjelenésére vagy a termékek lebomlására.

A szakemberek különféle nanoszerkezeteket, mint például vékonyrétegeket, nanocsöveket, nanorészecskéket és nanoszálakat is vizsgáltak bioszenzorokban való lehetséges alkalmazásuk szempontjából. [34] Az oxidációs-redukciós reakciókkal összefüggésben álló redox-ciklus események mérésére tervezett nanoszenzorok segítségével kimutatható az élelmiszerek csomagolásánál az oxigénszivárgás. Az élelmiszer-csomagolásba beépített ilyen érzékelő mechanizmusok rendkívül hasznosak lehetnek az élelmiszer-pazarlás csökkentésében azáltal, hogy figyelmeztetik a fogyasztókat az élelmiszer minőségére, illetve annak

változására. Oxigénérzékeny indikátorokat használnak olyan címkék vagy vékonyréteg formájában, amelyek oxidációra érzékeny enzimeket vagy kapcsolt redox reakciókat tartalmaznak, amelyek kimutatható vagy látható színváltozásokat indukálnak (mint például a metilénkék esetében).

A mikrobiális anyagok vagy sejtek kimutatására szolgáló vékonyrétegek felhasználásával gyors és rendkívül érzékeny immunszenzorokat hoztak létre. Ezekben a szenzorokban specifikus antitesteket, antigéneket vagy fehérjemolekulákat rögzítettek vékony nanofilmekre vagy szenzorchipre, amelyek jeleket bocsátanak ki a célmolekulák kimutatásakor.

A nanotechnológia segítséget nyújthat az élelmiszerminőség monitorozásában azáltal is, hogy nanoanyagok segítségével kimutatható számos peszticid, kórokozó és toxin is. Például kórokozók élelmiszerekben való kimutatására léteznek nanorészecske-nyomkövető alapú elektrokémiai DNS-érzékelők. Az alkalmazás során polimerrel bevont különböző típusú nanorészecskéket - mint például nemesfémek, nem nemesfémek, fém-sók, polisztirol vagy szilícium – használnak, ezáltal ezek a nanorészecske bioszenzorok nagyobb érzékenységgel rendelkeznek, mint a hagyományos detektorok. [35]

NANO-BIZTONSÁG

A nanoanyagok mérete, méretfüggő fizikai-kémiai tulajdonságai és a tömbfázistól eltérő viselkedése együttesen értékes teret kínál a nanotechnológiai innovációk számára. Ugyanezeknek a jellemzőknek azonban toxikus hatásai lehetnek olyan esetben, amikor a nanoélelmiszereken és az élelmiszerekkel érintkezésbe kerülő anyagokon keresztül a nanoanyagok kapcsolatba kerülnek biológiai rendszerekkel például sejtekkel, szövetekkel és szervekkel. Többen vizsgálták a nanoanyagokkal kapcsolatban felmerülő biztonsági aggodalmakat, hangsúlyozva a nanorészecskék csomagolóanyagból élelmiszerekbe vándorlását, különböző szövetekben és szervekben való felhalmozódását, valamint a fogyasztók egészségére gyakorolt hatását. A nanorészecskék migrációját és szervezetben belüli eloszlását számos tényező befolyásolhatja, úgymint a részecskék morfológiája, koncentrációja, felületi energiája, adszorpciója vagy aggregációja. Például kimutatták, hogy a csomósodást gátló adalékanyagként használt szilícium-dioxid nanorészecskék citotoxikusak lehetnek tüdősejtekre nézve. [36] Titán dioxiddal végzett vizsgálatok során kiderült, hogy ezen nanorészecskék hatása független a részecskemérettől, és a nanorészecskék patkányokban *in vivo* citotoxikus hatása nem korrelál megbízhatóan az ugyanabban a vizsgálatban végzett *in vitro* kísérletek eredményeivel. [37] Cushen és munkatársai kidolgoztak egy modellt az élelmiszer-csomagolásból származó részecskék migrációjának tanulmányozására. [38] Réz és ezüst nanokompozitok vizsgálata során megfigyelték, hogy a részecskeméret, a hőmérséklet vagy az érintkezési idő helyett a migrációt leginkább befolyásoló tényező a kompozit nanotöltőanyag százalékos aránya volt. Ezek alapján elmondható, hogy mivel minden nanoméretű anyagnak saját egyedi tulajdonságai vannak, így szervezetbeni viselkedésüket, esetleges toxicitásuk kockázatát eseti alapon kell meghatározni. Ennélfogva az ismeretlen toxicitású nanorészecskék belélegzésével, lenyelésével és bőrön keresztül történő felszívódásával kapcsolatos kockázatok miatt nagy szükség van megbízható rutin analitikai módszerek és eszközök kifejlesztésére a nanoélelmiszer-termékek biztonsági ellenőrzéséhez és kockázatértékeléséhez. [39] A nanoélelmiszerekkel kapcsolatos adatok és kutatási eredmények megosztásának fokozottabb igénye mellett továbbá az új nanotechnológia alapú élelmiszeripari

termékekre és megoldásokra vonatkozóan forgalmazásukat megelőzően szigorú minőségi, egészségügyi és környezetvédelmi biztonsági minősítéssel egybekötött engedélyezési eljárást kell kidolgozniuk a szabályozó hatóságoknak, mely elengedhetetlen ezen új termékek biztonságos, hosszútávú felhasználáshoz és ellenőrzéséhez.

KÖVETKEZTETÉSEK – FEJLESZTÉSEK, JAVASLATOK

A nanoméretű anyagok tulajdonságainak részletesebb megismerése és az élelmiszeriparban rejlő lehetőségeik kiaknázása révén a nanotechnológián alapuló élelmiszerek bevezetése hosszútávon gazdaságilag előnyös lehet, valamint megoldást adhat számos, az élelmiszerekkel kapcsolatos problémára. A kutatások előrehaladtával a különböző nanoanyagok számos alkalmazása ismert az élelmiszer-csomagolás és az élelmiszer-biztonság területén. A megnövekedett élelmiszer-termelés költséghatékony, innovatív, szabályozható tulajdonságokkal rendelkező termékeket kínál az ún. smart és egészségesebb élelmiszerek előállításához, valamint intelligens csomagolórendszereket, amelyek jobban védik az élelmiszereket a hatékonyabb tárolási tulajdonságuknak köszönhetően. Emellett ígéretes eredményeket értek el az élelmiszer-tartósítás terén, a nanoanyagok felhasználásával az élelmiszerek összetétele (pl. íz, nedvességtartalom) garantálható és minőségének romlása (pl. melékizetek, gázok) kiküszöbölhető. Nano-hordozórendszerek segítségével különböző bioaktív vegyületeket lehet specifikusan célszövetekhez eljuttatni.

A nanoélelmiszer-rendszerek fejlesztése során a kapcsolódó biztonsági kérdések és a környezeti hatások felbecslése kulcsfontosságú, a nanoanyagok alkalmazása megfelelő szabályozás mellett humán egészségügyi, környezeti és gazdasági előnyökkel járhat.

Bár a nanotechnológia napról-napra fejlődik, a rengeteg lehetőség mellett továbbra is számos, összetettebb kihívás van a jelenlegi technológiai megoldásokban. Az élelmiszeripari felhasználásra szánt új nanoanyagok megjelenésével továbbá felmerülnek a nanotechnológia rövid- és hosszútávú alkalmazásának következményeivel kapcsolatos megválaszolandó kérdések is, amelyeket a fogyasztói társadalom aggodalmainak enyhítése érdekében szükséges megválaszolni. Ilyen például a nanoélelmiszerek bevezetését követően növekvő mennyiségben környezetbe kerülő nanohulladék, mely a későbbiekben szükségessé teszi a környezetből a táplálékláncba kerülő nanoanyagok egészségre gyakorolt hatásának értékelését is. A felmerülő kérdések megválaszolásához a nanotechnológia élelmiszerszektorba való bevezetésének ütemét megfelelően le kell lassítani, hogy lehetővé váljon az anyagokhoz és eljárásokhoz kapcsolódó potenciális kockázatok azonosítása és kiértékelése a biztonságosabb felhasználás érdekében. Ez azt jelenti, hogy az innovációt szabályozási iránymutatásokkal kell egyensúlyba hozni olyan megbízható és robusztus kockázatértékelési eszközök rendelkezésre állásával, amelyek jelenleg még nincsenek kidolgozva a nanoélelmiszerek esetében. A szükséges jogszabályozás megalkotása mellett a kockázatkezelés és a kockázatkommunikációs feladatok kidolgozása és megvalósítása is indokolt. A nanotechnológiával kapcsolatos szakmai képzés és az ismeretterjesztés, a lehetőségek és a kockázatok komplex összefüggései interdiszciplináris megközelítést követelnek meg. A közvéleményt formáló, tudományos nyilvános szerepvállalás már most kritikus meghatározó szerepet játszik a nanotechnológia alapú élelmiszerek és technológiák elfogadásában. Ezenkívül, a nanoélelmiszerek előnyei mellett a velük járó kockázatoknak is nyilvánosan hozzáférhetőnek és átláthatónak kell lennie a fogyasztói bizalom növelése érdekében.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] J. Jeevanandam, A. Barhoum, Y.S. Chan, A. Dufresne, M.K. Danquah, Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations, *Beilstein J Nanotechnol*, 9 (2018) 1050-1074.
- [2] L.A. Kolahalam, I.V. Kasi Viswanath, B.S. Diwakar, B. Govindh, V.G. Reddy, Y.L.N. Murthy, Review on nanomaterials: Synthesis and applications, *Materials Today: Proceedings*, (2019).
- [3] D. Kumar, B.J. Kumar, H.M. Mahesh, Quantum Nanostructures (QDs): An Overview, in, 2018.
- [4] I. Khan, K. Saeed, I. Khan, Nanoparticles: Properties, applications and toxicities, *Arabian Journal of Chemistry*, 12 (2019) 908-931.
- [5] L.J. Frewer, K. Bergmann, M. Brennan, R. Lion, R. Meertens, G. Rowe, M. Siegrist, C. Vereijken, Consumer response to novel agri-food technologies: Implications for predicting consumer acceptance of emerging food technologies, *Trends in Food Science & Technology*, 22 (2011) 442-456.
- [6] M. Siegrist, M.E. Cousin, H. Kastenholz, A. Wiek, Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: the influence of affect and trust, *Appetite*, 49 (2007) 459-466.
- [7] J. Kuzma, Moving forward responsibly: Oversight for the nanotechnology-biology interface, *Journal of Nanoparticle Research*, 9 (2007) 165-182.
- [8] F.W.E.M.o.t.A.o.N.i.t. Food, O.d.N.U.p.l.a.e.l.a.O.m.d.l.s. Agriculture Sectors: Potential Food Safety Implications, FAO/WHO Expert Meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors : potential food safety implications : meeting report, in, Food and Agriculture Organization of the United Nations ; World Health Organization, Rome, Italy; Geneva, Switzerland.
- [9] P.H.o.L.S. Great Britain, K.J.S.o.H.S.S. Technology Committee, Nanotechnologies and food : 1st report of session 2009-10. Vol. 1 Report Vol. 1 Report, The Stationery Office, London, 2010.
- [10] J. Kuzma, J. Romanchek, A. Kokotovich, Upstream oversight assessment for agrifood nanotechnology: a case studies approach, *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*, 28 (2008) 1081-1098.
- [11] J.J. Kester, O. Fennema, Edible films and coatings: a review, *Food technology (USA)*, (1986).
- [12] Z. Wang, M. Ke, L. He, Q. Dong, X. Liang, J. Rao, J. Ai, C. Tian, X. Han, Y. Zhao, Biocompatible and antibacterial soy protein isolate/quaternized chitosan composite sponges for acute upper gastrointestinal hemostasis, *Regenerative Biomaterials*, 8 (2021).
- [13] D. Enescu, M.A. Cerqueira, P. Fucinos, L.M. Pastrana, Recent advances and challenges on applications of nanotechnology in food packaging. A literature review, *Food and Chemical Toxicology*, 134 (2019) 110814.
- [14] M. Pateiro, B. Gómez, P.E.S. Munekata, F.J. Barba, P. Putnik, D.B. Kovačević, J.M. Lorenzo, Nanoencapsulation of Promising Bioactive Compounds to Improve Their Absorption, Stability, Functionality and the Appearance of the Final Food Products, *Molecules*, 26 (2021) 1547.
- [15] L. Sagalowicz, M.E. Leser, H.J. Watzke, M. Michel, Monoglyceride self-assembly structures as delivery vehicles, *Trends in Food Science & Technology*, 17 (2006) 204-214.

- [16] B.S. Sekhon, Nanotechnology in agri-food production: an overview, *Nanotechnology, science and applications*, 7 (2014) 31-53.
- [17] G.V. Lowry, A. Avellan, L.M. Gilbertson, Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution, *Nature Nanotechnology*, 14 (2019) 517-522.
- [18] N.A.N.M.S.H.H.R.T.T.F.B.M. Salim, Nanoemulsion as a topical delivery system of antipsoriatic drugs, *RA RSC Advances*, 6 (2016) 6234-6250.
- [19] C. Vauthier, K. Bouchemal, Methods for the preparation and manufacture of polymeric nanoparticles, *Pharmaceutical research*, 26 (2009) 1025-1058.
- [20] J.C.A.G.F.U.o.W.D.o.C.E. Xu, Synthesis of polymeric nanoparticles for the controlled release of hydrophobic and hydrophilic therapeutic compounds, in, 2016.
- [21] M. Kah, R.S. Kookana, A. Gogos, T.D. Bucheli, A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues, *Nature Nanotechnology*, 13 (2018) 677-684.
- [22] R. Liu, R. Lal, Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (*Glycine max*), *Scientific Reports*, 4 (2014) 5686.
- [23] L.M. Mancilla-Becerra, T. Lías-Macías, C.L. Ramírez-Jiménez, J.B. León, Multidrug-resistant bacterial foodborne pathogens: Impact on human health and economy, *Pathog Bact*, 2019 (2019) 1-18.
- [24] A.A. Anvar, H. Ahari, M. Ataei, Antimicrobial Properties of Food Nanopackaging: A New Focus on Foodborne Pathogens, *Frontiers in microbiology*, 12 (2021) 690706.
- [25] M.E. Doyle, Multidrug-resistant pathogens in the food supply, *Foodborne pathogens and disease*, 12 (2015) 261-279.
- [26] T. Singh, S. Shukla, P. Kumar, V. Wahla, V.K. Bajpai, Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview, *Frontiers in microbiology*, 8 (2017) 1501-1501.
- [27] S.D.F. Mihindukulasuriya, L.T. Lim, Nanotechnology development in food packaging: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 40 (2014) 149-167.
- [28] X. He, H. Deng, H.-m. Hwang, The current application of nanotechnology in food and agriculture, *Journal of Food and Drug Analysis*, 27 (2019) 1-21.
- [29] C. Vasile, Polymeric Nanocomposites and Nanocoatings for Food Packaging: A Review, *Materials*, 11 (2018) 1834.
- [30] J. Sarfraz, T. Gulin-Sarfraz, J. Nilsen-Nygaard, M.K. Pettersen, Nanocomposites for Food Packaging Applications: An Overview, *Nanomaterials*, 11 (2021) 10.
- [31] H. Tavakoli, H. Rastegar, M. Taherian, M. Samadi, H. Rostami, The effect of nano-silver packaging in increasing the shelf life of nuts: An in vitro model, *Italian journal of food safety*, 6 (2017) 6874.
- [32] A. Kumar, P.K. Vemula, P.M. Ajayan, G. John, Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil, *Nature materials*, 7 (2008) 236-241.
- [33] Y. Liu, D.E. Sameen, S. Ahmed, J. Dai, W. Qin, Antimicrobial peptides and their application in food packaging, *Trends in Food Science & Technology*, 112 (2021) 471-483.
- [34] O. Bashir, S.A. Bhat, A. Basharat, M. Qamar, S.A. Qamar, M. Bilal, H.M.N. Iqbal, Nano-engineered materials for sensing food pollutants: Technological advancements and safety issues, *Chemosphere*, 292 (2022) 133320.
- [35] A. Mokhtarzadeh, R. Eivazzadeh-Keihan, P. Pashazadeh, M. Hejazi, N. Gharaatifar, M. Hasanzadeh, B. Baradaran, M. de la Guardia, Nanomaterial-based biosensors for detection of pathogenic virus, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 97 (2017) 445-457.

- [36] H. Yang, Q.Y. Wu, M.Y. Li, C.S. Lao, Y.J. Zhang, Pulmonary Toxicity in Rats Caused by Exposure to Intratracheal Instillation of SiO₂ Nanoparticles, *Biomedical and environmental sciences : BES*, 30 (2017) 264-279.
- [37] D.B. Warheit, T.R. Webb, C.M. Sayes, V.L. Colvin, K.L. Reed, Pulmonary Instillation Studies with Nanoscale TiO₂ Rods and Dots in Rats: Toxicity Is not Dependent upon Particle Size and Surface Area, *Toxicological Sciences*, 91 (2006) 227-236.
- [38] M. Cushen, J. Kerry, M. Morris, M. Cruz-Romero, E. Cummins, Evaluation and simulation of silver and copper nanoparticle migration from polyethylene nanocomposites to food and an associated exposure assessment, *Journal of agricultural and food chemistry*, 62 (2014) 1403-1411.
- [39] T. Singh, S. Shukla, P. Kumar, V. Wahla, V.K. Bajpai, Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview, *Frontiers in microbiology*, 8 (2017) 1501.

SZIGETI Tamás¹ – BÁNÁTI Diána²**Abstract**

Maillard reactions take place between certain compounds containing amino and carbonyl groups. The same Maillard product can be obtained by several different reaction pathways. Acrylamide is a dangerous compound, due to its genotoxicity, as its presence can interfere with the DNA repair of cells. The oxidative metabolite of acrylamide, glycidamide, has a toxicity exceeding that of the original compound. In our manuscript we outline the potential technological uses of acrylamide. We will review the physiological, occupational health and food safety effects of this compound. To characterise the acrylamide contamination of foodstuffs, we present the results obtained in the period from 1 January 2018 to 20 April 2022, from 4139 samples. The tests were carried out using a standard method. For the measurements we used deuterated acrylamide standards. Separation was performed using high performance liquid chromatography (LC-ESI), the detection and quantification was done using a tandem mass selective (MS/MS) detector.

Keywords

maillard, acrylamide, glycidamine, genotoxicity, acrylamide adduct, USDA Munsell colour scale

Absztrakt

Maillard reakciók bizonyos, amino- és karbonil-csoportot tartalmazó vegyületek között játszódhatnak. Ugyanazon Maillard-termék többféle reakció sorozat révén is keletkezhet. Az akrilamid több, káros hatása mellett genotoxicitása miatt is veszélyes vegyület, mivel jelenléte megzavarhatja az osztódó sejtek DNS-javító (DNA-repair) esélyeit. Az akrilamid oxidatív metabolitja a glicidamid toxicitása meghaladja az eredeti vegyület mérgezőségét. Kéziratunkban összefoglaljuk az akrilamid technológiai felhasználásának lehetőségeit. Áttekintjük e vegyület élettani, munkaegészségügyi és élelmiszer-biztonsági hatásait. Az élelmiszerekben található akrilamid szennyezés jellemzésére bemutatjuk a 2018. január 1. és 2022. április 20. közötti időszakban 4139 mintán végzett vizsgálati eredményeket. A vizsgálatokat szabványos módszerrel végeztük. A mérésekhez deuterált akrilamid sztenderdet használtunk. Az elválasztás nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfiai technikával (LC-ESI), a detektálás és mennyiségi meghatározás tandem tömegszelektív (MS/MS) detektor alkalmazásával történt.

Kulcsszavak

Maillard, akrilamid, glicidamin, genotoxicitás, akrilamid-addukt, USDA Munsell színskála

¹ tamas.szigeti@balintanalitika.hu | ORCID: 0000-0002-8958-5687 | strategic director, Bálint Analitika Ltd. (Former workplace: business development manager, WESSLING Hungary Ltd. Budapest) | stratégiai igazgató, Bálint Analitika Kft. (Cikk megírásakor: üzletfejlesztési igazgató, WESSLING Hungary Kft. Budapest)

² diana.banati@gmail.com, banati@mk.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0001-8373-4242 | Full Professor, Vice-Dean for Science, Rector's Commissioner, University of Szeged | egyetemi tanár, tudományos dékánhelyettes, Rektori megbízott, Szegedi Tudományegyetem

BEVEZETÉS

A sült élelmiszerek kellemes illata, a sült ételek felszínének dekoratív barnás-sárgás-vöröses színe egyazon kémiai reakciócsalád termékeinek köszönhető.

Hús évvel ezelőtt ugyan ki gondolhatta volna, hogy a sültkrumpli, a pörkölt kávé, a mézeskalács, a rántott hús, a fasírozott és még sok egyéb más, sütéssel készített élelmiszer összetevői között olyan kémiai reakciók zajlanak le, amelyeknek termékei között az ember egészségét kifejezetten károsító vegyület keletkezhet.

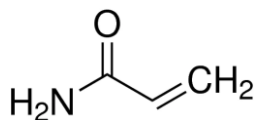
A reakciócsalád névadója Louis Camille Maillard néven 1878 február 4-én született Pont-à-Moussonban (Franciaország). Maillard diákkorában orvosnak és vegyésznek tanult, 1897-ben magiszteri, majd 1903-ban orvostudományi doktori fokozatot nyert el. Párizsban a vesebetegségekkel kapcsolatos anyagcsere-zavarok tanulmányozásával foglalkozott [1]. 1912-ben a különböző cukormolekulák és egyes aminosavak reakcióit tanulmányozta. A cukrok és aminosavak együttes hevítésekor lejároló reakciókat az utókor Maillard-reakcióknak nevezte el [2]. Maillard munkásságáért 1914-ben megkapta a Francia Orvostudományi Akadémia díját [3].

A Maillard által tanulmányozott kémiai reakciók egyik termékéről, az akrilamidról kiderült, hogy az élelmiszerekben való jelenléte élelmiszer-biztonsági kockázatot jelent, ezért e vegyület mennyiségét folyamatosan ellenőrizni szükséges, és intézkedéseket kell tenni a keletkező mennyiség csökkentése érdekében.

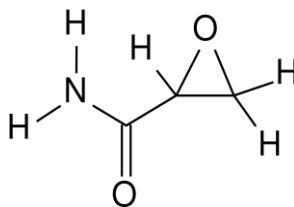
Az akrilamidot az ipar és a technológia számos területén használják. Ilyen alkalmazás a víztisztítás, ércfeldolgozás, gél-elektroforézis stb. [4]. Az akrilamidnak a melegvérű élőlényekre – nevezetesen az ember szervezetére – gyakorolt krónikus toxikus hatásait először bizonyos munkaegészségügyi vizsgálatok során ismerték fel, amikor a vegyületnek kitett munkásokon perifériális és centrális axonopátiát, azaz idegnyúlvány-károsodást diagnosztizáltak. Súlyos mérgezési esetekben a tünetek bizonyos testrészek bénulásában is jelentkezhetnek [5].

A Maillard reakciók bizonyos, amino- és karbonil-csoportot tartalmazó vegyületek között játszódhatnak le. A reakcióutak különböző elágazásokat tartalmazhatnak, ami azt jelenti, hogy ugyanazon Maillard-termék többféle reakciósorozat révén is keletkezhet.

A reakció-család termékei között az akrilamid több, káros hatása mellett genotoxicitása miatt is veszélyes vegyület, mivel jelenléte megzavarhatja az osztódó sejtek DNS-javító (DNA-repair) esélyeit. Dearfield és munkatársainak kutatási eredményei az akrilamid munkaegészségügyi jellegű egészségkárosító hatásairól szól, hiszen a cikk megjelenése idején még nem fedezték fel e molekula jelenlétét az élelmiszerekben [6]. Az akrilamid oxidatív metabolitja a glicidamid toxicitása meghaladja az eredeti vegyület mérgezőségét [7]. Az 1. ábrán az akrilamid, a 2. ábrán pedig a glicidamid szerkezeti képlete látható.



1. Ábra: Az akrilamid (IUPAC-név: prop-2-énamid) szerkezeti képlete [8]



2. Ábra: A glicidamid (IUPAC-név: oxirán-2-karboxamid) szerkezeti képlete [9]

Érdekes tudománytörténeti emlék az Élelmiszervizsgálati Közlemények egy, 65 évvel ezelőtt megjelent cikke, amelyben Spanyol Pál élelmiszertudományok doktora, a Konzerv, Hús és Hűtőipari Kutató Intézet munkatársaként a nem enzimikus élelmiszer barnulásokat okozó vegyületek keletkezése és azok kémiai szerkezete tárgyában publikált dolgozatot. A Maillard-reakcióban szabad redukáló csoportot tartalmazó szénhidrátok, illetőleg szénhidrát származékok és szabad amino-csoportot tartalmazó vegyületek, elsősorban fehérjék és fehérje származékok, megfelelő kedvező körülmények között reakcióba lépnek egymással, amelynek következtében barna színű vegyületek keletkeznek. A folyamat Schiff-bázisok keletkezésével indul, amelyet egy, ún. Amadori-átrendeződés követ: a Schiff-bázisokból egymásba átalakuló keto- és enol-formájú vegyületek alakulnak ki. Az Amadori átrendeződés után a reakcióutak ketté válhatnak. Az egyik reakcióúton az amino-csoportok átmenetileg leválnak és erősen redukáló hatású vegyületek (reduktonok) keletkeznek, amelyeknél dehidrogéneződés után gyűrűzáródás következik be, és furán-, pirán-, ciklopentanon-származékok jönnek létre. A dehidro-reduktonok másik része Stecker-féle lebontás közbeiktatásával ismét amino-csoportot tartalmazó vegyületekké alakulhatnak. A reakciótermékek polimerizáció után általában barna színű pigmentet képeznek [10].

A sütéssel hőkezelt élelmiszerekben a fentiekben vázolt folyamatok valamelyikén keresztül akrilamid is képződhet. Úgy tűnik, hogy Spanyol Pál rendkívül közel járhatott a vegyület felismeréséhez, de erre a felfedezésre még negyvenkét évet kellett várni. Az akrilamid jelenlétét élelmiszerekben a világon elsőként Eden Tareke és munkatársai mutatták ki. A Tareke vezette kutatócsoport Svédországban, 2002-ben ismerte fel, hogy a sültburgonyát az addig csak az iparból és a munkaegészségügyből ismert vegyület is szennyezheti [11].

Kéziratunkban vázlatosan összefoglaljuk az akrilamid technológiai felhasználásának lehetőségeit. Áttekintem e vegyület élettani, munkaegészségügyi és élelmiszer-biztonsági hatásait. Az élelmiszerekben található akrilamid szennyezés jellemzésére bemutatjuk a WESSLING Hungary Kft. Élelmiszerbiztonsági Üzletága Laboratóriumában 2018. január 1. és 2022. április 20. közötti időszakban 4139 mintán végzett vizsgálati eredményekett. A vizsgálatokat szabványos módszerrel végeztük. A mérésekhez deuterált akrilamid-sztenderdet használtunk. Az elválasztás nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás technikával (LC-ESI), a detektálás és mennyiségi meghatározás tandem tömegszelektív (MS/MS) detektor alkalmazásával történt [12].

Az említett időszakban ügyfeleink Laboratóriumunktól 965 db olyan minta vizsgálatát rendelték meg, amelyekre nem vonatkoztak az EU 2017/2158 rendelet irányadó referencia értékei [13]. Ez a mennyiség a beszállított minták 23,3%-át jelentette, amelyeknek vizsgálati eredményei csak tájékoztató adatként szolgáltak. Ilyen módon több, mint három-ezer db minta esetében volt lehetőségünk a rendelet IV. melléklete szerinti előírások alapján, azaz a jogszabály szerint a minták 76,7%-át értékelhettük az egyes élelmiszer-csoportokra vonatkozó, megfelelő referenciaszintekkel történő összehasonlítással [13]. A minősítés során 20 féle élelmiszer-csoportot határoztunk meg, amelyekben az egyes mintákat a rájuk vonatkozó referenciaértékkel hasonlítottuk össze. A nagyszámú minta vizsgálati eredményeinek ábrázolása céljából az egyedi minták akrilamid-tartalmának értékeit a rájuk vonatkozó referenciaértékkel elosztva egyfajta normalizált adathalmazhoz jutottunk, amelyben az ≤ 1 hányadosok a referenciaértékek átlépését jelentik.

Megállapítottuk, hogy 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ LOQ érték mellett a beszállított minták 76,7%-ában találtunk kimutatható mennyiségű akrilamidot. A rendelet IV. mellékletének táblázata [13] szerint nem-besorolható minták esetében ez az arány 68,8% volt, ami arra figyelmeztet, hogy a szóban forgó melléklet szubjektíven értelmezhető élelmiszer csoportjait célszerű lenne bővíteni.

Az akrilamid megjelenése, ipari felhasználása napjainkban

Az akrilamidot a XX. század második felétől kezdődően széles felhasználású módú szerves vegyületként ismerték. Iparszerű előállításának lehetőségét 1952-ben kezdték kutatni, amit 1954-re meg is oldottak. A vegyületet az acetonitril 90-100 °C hőmérsékleten történő hidrolízisével állítják elő vízmentes kénsav jelenlétében. A reakcióban nemcsak a monomer molekula, hanem annak polimerje is keletkezik. 1971-ben egy olyan gyártási folyamatot vezettek be, amelynek során lehetővé vált az acetonitril közvetlen átalakítása polimerizálódott melléktermék nélkül [14].

Az akrilamidot főként poliakrilamidok előanyagaként állítják elő [15]. A poliakrilamid könnyen vesz fel vizet. A hidratálódott polimer puha gél formájában a kémiai analitikában a poliakrilamid gél-elektroforézis (PAGE) készülékekben elválasztó közeg a fehérjék, nukleinsavak és egyéb elektromosan töltött óriásmolekulák elválasztása során. Ezen túlmenően sűrítő vagy flokkuláló szerként habarcsban, cementben vagy különböző vízkezelési folyamatokban, peszticid-készítményekben, kozmetikumokban, cukor gyártásban, érc feldolgozásban, élelmiszer csomagolásban, talajerózió megelőzésében, műanyag- és papír gyártásban is használják. A poliakrilamid főleg folyadékok szilárd részecskéinek flokkulálására is alkalmas, de szitanyomásban és papírgyártásban is alkalmazzák. A poliakrilamid másik felhasználási lehetősége kertészetekben és a nagyüzemi mezőgazdaságban a talajerózió csökkentése. A közelmúltban az arcbőrműtétek során szubdermális töltőanyagként, illetve lágyszövetkontaktlencsék előállítására is felhasználják [16].

Az akrilamid élettani hatásai

Az akrilamid kémiai szerkezeténél fogva több ponton képes támadni a melegvérű szervezetek sejtszerkezetét, illetve a sejtek biokémiai, biológia folyamatait. A vegyülettel végzett élettani kísérletek során genotoxikus, citotoxikus, neurotoxikus hatásokat igazoltak

a tématerület kutatói. Az alábbiakban e kutatások eredményeit bemutató dolgozatok közül idézünk néhányat.

Ahogy azt az összefoglalásban is említettük, az akrilamiddal végzett élettani kísérletek során kiderült, hogy a vegyület genotoxikus. A kitettség hatására fellépő genetikai elváltozások a mérgezést elszenvedő melegvérű kísérleti állat utódaiban is megjelenhetnek. Az akrilamid expozíciója belélegezve, lenyelés útján, vagy akár bőrön keresztül is kiválthatja a genotoxikus hatásokat. Felmerülhet a kérdés, hogy a poliakrilamid szemészeti (kontaktlencsék alapanyaga), vagy plasztikai sebészeti alkalmazásánál lehetséges-e, hogy a polimerből a szembe, illetve a test más szöveteibe monomerek és oligomerek migrálnak, ahonét tovább diffundálva kedvezőtlen hatásokat okozhatnak a kontaktlencsét, plasztikai betétet viselő egyén idegrendszerében. A szakirodalomban erről a témáról írt közleményre sajnos nem bukkantunk, de célszerű lenne ilyen irányú kutatásokat is végezni. Számos kézirat számol be az akrilamiddal történő expozíciót követő kromoszóma elváltozásokról, sejtosztódási rendellenességekről. Az akrilamid a csírasejtekre kifejtett mutagén hatását 1971-ben bizonyították. A molekula számos káros hatása mellett kimutatták, hogy a vér hemoglobinjával adduktot képezve hematológiai panaszokat okozhat [6].

Az akrilamid karbonilcsoportja révén könnyen reakcióba lép a DNS-ben található tiol-, hidroxil- és amino-csoportokkal, ami a DNS natív szerkezetét megváltoztathatja. Ezen túlmenően kimutatták, hogy a kínai hörcsögből (*Cricetulus barabensis*) származó sejtenyészetben a vegyület gátolja a topoizomeráz II enzimek működését is. A sejtosztódás során a torziós sokkot elszenvedő DNS-molekula térszerkezetének visszaállítását a topoizomeráz II enzimrendszer végzi. A természetesen működő sejtekben a topoizomeráz II a sejtosztódás alatt kovalens kötések hoz létre a DNS-molekulákkal, és fenntartja a genomi integritást a DNS molekulák stabilizálásával. Ha az osztódó sejtek közegében megnő az akrilamid koncentrációja, a gátolt topoizomeráz II enzim működése elégtelen lesz, és a DNS-spirálban láncszakadás következhet be. Mivel a sejtekben az akrilamid elsődleges célpontjai a fehérjék SH-csoportjai, a molekula toxikus hatása főként az enzimek – közöttük a topoizomeráz II – működésének megzavarásában mutatkozik meg [17].

A topoizomeráz II gátlása veszélyezteti a genetikai információ átadását, amely epigenetikai változásokhoz, hibás génexpresszióhoz vezethet [18]. A magasabb rendű élőlények szervezetében az akrilamidot a génexpresszió megzavarása miatt genotoxikus vegyületnek kell tekinteni.

Duan és kutatócsoportja az akrilamid mérgező hatását egerek megtermékenyített petesejtjein vizsgálta. A kísérleti állatokat 6 héten át hozzáadott akrilamid tartalmú takarmánnyal táplálták. Megállapították, hogy a kezelt nőivarú állatok petefészkének tömege a kezeletlen egereknél mért tömegekhez képest csökkent. A kezelés elváltozást idézett elő a petesejtek vázszerkezetében és a sejtek között a kezeletlen sejtekhez képest korábbi apoptózist váltott ki. Az akrilamiddal kezelt egerek esetében az alomméretük szignifikánsan kisebbek voltak, mint a kontroll csoport esetében. Az elváltozások epigenetikus módon öröklődtek is [19].

Az akrilamid egy α,β -telítetlen vinil monomer, amely szerkezeténél fogva alkilező képességű molekula. Az élő szervezet fehérjéinek alkilezése révén citotoxikus hatású. A kutatók már a 2000-es években számos olyan fehérjét azonosítottak, amelyeket az akrilamid alkilezni képes. Schwend és munkatársai [20] két, az idegrendszer működésében fontos szerepet játszó célfehérjét azonosítottak, amelyek az akrilamid jelenlétében alkileződnek: az

adenozin-deamináz és a tioredoxin enzimeket, amelyek károsodása neurotoxikus tüneteket válthat ki. A kutatók laboratóriumi állatokat akrilammiddal kezeltek, amelyekben a vázizmok gyengülését figyelték meg, miközben az állatok izom mozgásai koordinálatlanná váltak, rajtuk az ataxia tünetegyüttesét figyelték meg. A károsodott fehérjemolekulák kimutatására kétdimenziós gél-elektroforézist és MALDI-TOF technikát alkalmaztak. Különböző sejtvo-nalnak (Jurkat, Caco és HepG2 sejtek) vizsgálatával megállapították, hogy az akrilamid to-xikus hatása dóziszfüggő, az anyag IC₅₀-értéke (50%-os enzimgátló hatást okozó koncent-ráció – half maximal Inhibitory Concentration) 2-6 mM koncentrációm tartományba esik. A kutatócsoport a fentebb említett három sejtvo-nalban 34 enzim vizsgálatát végezte el, ame-lyek közül csak az adenozin-deamináz és a tioredoxin károsodását tudták igazolni [20].

Az akrilamid ugyancsak neurotoxikus hatásairól számolt be Samah S. Oda. Kézira-tában a 2-es típusú cukorbetegség kezelésére alkalmazott egyik gyógyszerhatóanyag, a met-forminnak az akrilamid neurotoxikus hatását gátló tulajdonságáról értekezik [4].

An és munkatársai krónikus akrilamid expozíció foglalkozás-egészségügyi és labo-ratóriumi állat-toxicológiai hatásait vizsgálták. Azt találták, hogy az akrilamid dózisének növekedésével arányosan csökken az axonok vázát képező neurofilamentumok működési sebessége. A mérge hatás jelentősen növeli a szálacsák kinezin, dinenin és dinamitin fe-hérjékből álló alegységeinek szintjét, és jelentősen csökkenti a keletkező ATP mennyiségét. Ezzel érintett idegrendszeri szerkezet működése lassul. Többek között ez a folyamat okoz-hatja az akrilamid által kiváltott idegrendszeri károsodást, a neuropátiát [5].

Egy Dél-koreai tanulmányban Youjin Je a dohányzás, az akrilamid bevitel és a méh-nyálkahártya-rák kockázatának összefüggését elemezte 453 344 nő részvételével képzett négy kohorszban. Kutatása során arra a meglepő eredményre jutott, hogy az étrendi ak-rilamid-bevitel a nemdohányzó nők csoportjaiban 39%-kal, szignifikánsan növelte a méh-nyálkahártya-rák kockázatát. A szerző úgy véli, hogy a cigarettafüst, mint az akrilamid-felvétel jelentős forrása a tüdőn keresztül oly mértékben megzavarhatta a vizsgálat körébe vont nők agyagcsere folyamatait, hogy az étrendi akrilamid bevitel hatása már nem volt mérhető [21].

A tudományos közbeszédben esetenként felmerül az akrilamid expozíció és a tüdő-rák összefüggése is. Miközben epidemiológiai területen született tanulmányok, pozitív ösz-szefüggéseket figyeltek meg az étkezési akrilamid bevitel és az endometrium, petefészek, ösztrogénreceptor, mell- és vesesejtes rákbetegségeinek kialakulása között, az élelmisze-rekkel történő akrilamid felvétel hatására a tüdőrák kockázatának növekedése nem igazol-ható. Ezt támasztják alá Janneke és kutatótársai felméréseinek eredményei, is, amelyben egy részletes kutatás alapján azt állapították meg, hogy a tüdőrák kialakulásának valószínű-ségét a táplálkozás során felvett akrilamid szignifikánsan nem növeli meg [22].

A toxicológiai diagnosztikában a klasszikus biomarkerek mellett számos új bio-markert tanulmányoznak, mint például a vérben és vizeletben lévő kémiai anyagokat és metabolitjaikat, valamint az expozíciók miatt módosult enzimeket. Mivel az akrilamidnak az emberi vizeletben nem jelennek meg olyan metabolitjai, amelyek hasznosak lennének az expozíció értékeléséhez, célszerű lehet vizsgálni a vérben kialakuló hemoglobin-addukt mennyiségét. A hemoglobin és bomlástermékének a glicidamid adduktjai (GAVal) jobban tükrözik az expozíciót, mint a DNS-adduktok, mivel az előbbieket nagy mennyiségben kelet-keznek, és megfelelő kémiai analitikai módszerek állnak rendelkezésre azok vizsgálatához.

A hemoglobin adduktok általánosan hatékony biomarkerei lehetnek a vegyi anyagok expozíciója és hatásainak értékeléséhez. Jól mérhető például a dohányzó egyének vérébe kerülő akrilamid hatására keletkező az N-2-karbamoil-etilvalin addukt (AAVal) szintjének emelkedése. A szerzők módszereiket elsődlegesen foglalkozás-egészségügyi diagnosztikához javasolták [23].

Favinha és munkatársai ún. cirkuláris dikroizmus (CD) spektroszkópiával vizsgálták akrilamidnak kitett emberek vérében a hemoglobin optikai tulajdonságait. A CD technika lényege az, hogy egy optikailag aktív anyag, esetünkben egy hemoglobinmolekula annak szerkezetétől és alakjától függően forgatja el a polarizált fényt. A spektrális adatok elemzése alapján megállapították, hogy a nukleofil addícióval a hemoglobinhoz kötött akrilamid-addukt nem gátolja hemoglobin oxigén szállítását, de alkalmas lehet az expozíció diagnosztizálására [24].

Az emberi vérben a hemoglobin-adduktok analitikája természetesen az élelmiszerek révén fennálló akrilamid kitettség diagnosztizálására is alkalmas. Erről szól Wilson és munkatársainak kézírata, amelyben egy táplálkozási szokásokat felmérő kérdőív adatait felhasználva keresték az összefüggést a felvett akrilamid és a kimutatott addukt mennyisége között. A felmérésben való részvételre az egészségügyben dolgozó 342 ápolónőt hívtak meg. A szerzők a megkérdezettek által fogyasztott élelmiszerek akrilamid tartalmát az FDA (az USA élelmiszer-biztonsági hatósága: Food and Drug Administration) által 2006-ban összeállított „Exploratory Analysis of Acrylamide in Foods” című kiadványa adatai szerint fogadták el (az FDA adattáblája a megadott <http://www.cfsan.fda.gov/dms/acrydata.html> webcímen sajnos ma már nem érhető el). A hemoglobin-adduktok mennyiségi meghatározásához a hemoglobintól Edman-reagenssel lehasították az N-terminális valin-hemoglobin- és -glicidamin komplexet. A keletkező pentafluorophenyl-isothiocyanate-származékokat (PFPTC) HPLC/MS/MS technikával határozták meg. A szerzők a kutatási folyamat végén mérsékelt korrelációt találtak a számított akrilamid bevitel és a vérben mérhető akrilamid (AAVal) és glicidamid-adduktok (GAVal) koncentrációja között. A korreláció akkor bizonyult jobbnak, ha az akrilamid expozíciót a két addukt együttes koncentrációjának összegével hasonlították össze [25]. Wilson kutatócsoportjának munkájában az a Margareta Törquist is részt vett, aki 2002-ben Eden Tareke vezetésével a világon először mutatta ki élelmiszerben az akrilamidot [11].

Az akrilamid élettani hatását vizsgálva érdemes áttekinteni a dohányzó és nemdohányzó egyének között tapasztalható eltérést a molekula metabolizmusával kapcsolatban. Schettegen és kutatócsoportja e két populáció csoportba tartozó egyének vérében vizsgálta az akrilamid és oxidatív metabolitja, a glicidamid által képezett hemoglobin adduktok mennyiségét. Mivel a glicidamidnak nagyobb a rákkeltő hatása, mint magának az akrilamidnak, a glicidamid-hemoglobin addukt mennyisége jobban tükrözheti a genotoxicitást, mint az akrilamid-adduktok. A kísérletben a nemdohányzók vérében 7–31 pmol/g globin tartományban akrilamid-adduktot (AAVal) és 9–23 pmol/g globin glicidamid-adduktot (GAVal) mutattak ki. A dohányzók csoportjában rendre 25–199 pmol/g globin AAVal-addukt, illetve 22–119 pmol/g globin GAVal-addukt tartományok adódtak. A kutatók ezen túlmenően azt találták, hogy az adduktokon keresztül mérhető akrilamid dózis-válasz görbéje nem lineáris. Ez az eredmény [25] összecseng a hivatkozásban összefoglalt kutatási eredményekkel [26]. Youjin Je tanulmányában, amelyben a dohányzó és nem-dohányzó nőket ért akrilamid-ex-

pozíció hatásának különbözőségéről értekeznek: a dohányosok oly magas akrilamid expozíciónak vannak kitéve, amelynek következményei valószínűleg felülmúlják a napi élelmiszer fogyasztással felvett mennyiség által kiváltott kedvezőtlen élettani hatást [21].

Benford és munkatársai részletes összefoglalót készítettek az akrilamid, valamint metabolitja, a glicidamin genotoxikus, klasztrogén és neoplasztikus hatásairól. A kutatócsoport a 2015-ben összegyűjtött, az akrilamiddal kapcsolatos adatokat felülvizsgálva egyértelműen bizonyítottak látja, hogy a molekula genotoxikus, esetenként a DNS-lánc törését idézi elő (klasztrogén hatás), valamint az exponált szervezetben szövetburjánzást vált ki (neoplasztikus hatás), amely az esetek többségében rosszindulatú tumorrá alakulhat [27].

Szakirodalomból származó akrilamid mérési eredmények

Kütting és kutatótársai 1008 önkéntes bevonásával készült népesség alapú keresztmetszeti vizsgálatot végeztek, amelynek célja az akrilamiddal összeköthető terhelés számszerűsítése volt. Az akrilamid általános populációban történő kimutatása a hemoglobin-addukt-szintek felhasználásával az expozíció biomarkereként történt. Az 1008 elemzett vérmintából 999-ben (99,1%) mutattak ki akrilamid hemoglobin adduktot. Az akrilamid teljes bevitelének fő forrásának a dohányzás tekinthető olyan személyeknél, akik nem voltak kitéve akrilamid munkahelyi kitétségnek, de a második fő befolyásoló tényező, a táplálékfelvétel környezeti jelentőségű [28].

Mucci és Wilson felmérései szerint az amerikai és európai népesség energiabevitelét szolgáló élelmiszerek több mint 1/3 része akrilamidot tartalmaz. Becslésük szerint a felnőtt lakosság esetében az akrilamid bevitel testtömeg-kilogrammmra vetítve 0,3-0,6 µg/ttkg tartományba esik. Mivel a gyermekek energiabevitelének testtömegükhöz képest a felnőtteknél nagyobb, várható, hogy az általuk naponta felvett akrilamid mennyiség is nagyobb. Az egyes élelmiszer csoportokban várható akrilamid szennyezés mértékét szerzők a Svéd Nemzeti Élelmiszer-ellenőrző Hatóságtól (Swedish National Food Administration) származó adatokkal szemléltetik az 1. táblázatban [29].

Élelmiszer csoport	Akrilamid koncentráció (µg/kg)	
	Medián	Minimum-maximum
Burgonyachips (U.S. chips)	1200	330–2300
Sült burgonya (French fries)	450	300–1100
Serpenyőben sült burgonya	300	
Kekszek és krékek	410	<30–650
Ropogós kenyérfélék	140	<30–1900
Reggeli gabonapelyhek	160	<30–1400
Kukoricapelyhek	150	120–180
Kenérfélék	50	<30–160
Kávé	25	8–0

1. Táblázat: Egyes élelmiszer csoportok akrilamid szennyezettsége a Svéd Nemzeti Élelmiszer-ellenőrző Hatóság által becsült adatok alapján [29]

Dybing és Sanner közleménye szerint egy norvégiai felmérés szerint az élelmiszerekkel felvett akrilamid átlagos mennyisége nők esetében 0,46, férfiaknál pedig 0,49 $\mu\text{g}/\text{tkg}$. Hetven éves időtartam alatt testtömeg-kilogrammonként felvett napi 1 0,49 μg akrilamid statisztikailag igazolhatóan növeli a daganatos megbetegedések kialakulását. A 2. táblázatban a szerzők által becsült akrilamid felvétel adatai láthatók nők és férfiak esetében különböző élelmiszer csoportokra bontva [30].

Élelmiszer csoport	Felvett akrilamid ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{nap}$)	
	Nők	Férfiak
Kenyérfélék	11,9	13,0
Egyéb kenyérfélék	12,2	7,7
Kekszek és krékerek	5,0	5,9
Serpenyőben sült burgonya	7,5	6,3
Sült burgonya (French fries)	6,3	8,0
Burgonyachips	17,4	17,6
Egyéb snackek	4,6	5,0
Kávé	28,6	28,0
Egyéb élelmiszerek	6,8	8,2

2. Táblázat: Egyes élelmiszer csoportokkal felvett akrilamid mennyiségek Dybing és Sanner nyomán [30]

A 3. táblázatban az Amerikai Egyesült Államok Élelmiszer-ellenőrző Hatóságának (FDA) honlapján közzétett akrilamid koncentrációk élelmiszer csoportokra bontott átlagértékei találhatóak. A forrás honlapján az időben visszafelé haladva egészen 2002-ig találhatóak Excel-táblázatokba gyűjtött adatok [31].

Élelmiszer csoport	Átlag $\mu\text{g}/\text{kg}$	Szórás $\mu\text{g}/\text{kg}$	Max $\mu\text{g}/\text{kg}$
Előételek és snackek (éttermi készítmények)	2	6	30
Reggeli ételek gabonafélék nélkül	4	9	30
Fagyasztott előételek és snackek	5	11	40
Kenyerek és egyéb sütőipari termékek	10	17	70
Babból készült ételek	17	43	160
Levesek	39	77	260
Bébiételek	44	503	730

Élelmiszer csoport	Átlag µg/kg	Szórás µg/kg	Max µg/kg
Mogyorók és egyéb olajosmagvak	46	566	500
Mogyoróvaj	47	136	570
Italkészítmények kávéitalok nélkül	61	70	200
Perecek	85	34	140
Sütemények és müzliszeletek	160	278	2160
Krékerek	164	150	800
Gabonafélék	169	390	1210
Édességek	174	420	1450
Sült burgonya és egyéb burgonyaételek (házi)	183	280	1330
Sült burgonya és egyéb burgonyaételek (éttermi)	449	347	1440
Snack készítmények (egyéb)	191	367	3060
Tortilla chips	255	181	610
Kávék (őrölt, nem főzött kávék)	272	396	1080
Burgonya chips	704	1286	8440

3. Táblázat: Élelmiszer csoportok átlagos akrilamid tartalma az FDA által közölt adatok alapján (az átlagos akrilamid-tartalom értékeit az eredeti táblázat részletes adataiból számoltuk) [31]

A 3. táblázat adatait az eredeti FDA-adatokból számoltuk. A táblázatban az átlagos akrilamid tartalom felülről lefelé haladva nő. Az adatok szórás-értékeit tekintve megállapítható, hogy a legnagyobb szórás a legnagyobb átlagos akrilamid-tartalomhoz, a burgonya chips-ekhez rendelhető. A nagy szórás azt jelenti, hogy az érintett élelmiszer csoportban széles tartományban mutattak ki akrilamidot. Az öt, legnagyobb szórásértéket mutató élelmiszer csoport növekvő sorrendben: 1. kávék, 2. édességek, 3. bébiételek, 4. mogyorók és olajosmagvak, 5. burgonya chips-ek.

A 3. táblázat adatai alapján aggasztónak tartjuk, hogy a bébiételek átlagos 44 µg/kg akrilamid tartalmának 503 µg/kg a szórása. Ebben a csoportban a legnagyobb akrilamid tartalom 730 µg/kg. Ez a kiugró érték egy tipegő kisgyermeknek szánt epres-joghurtos felfújt készítmény volt [31]. Összehasonlítás gyanánt jelezzük, hogy az Európai Unióban érvényes rendelet szerint a bébiételek eltűrhető legmagasabb akrilamid szennyezettsége kekszek és kétszersültök esetében 150, egyéb feldolgozott élelmiszerek esetében pedig 40 µg/kg [13].

A 3. táblázat adatai szerint az öt, legnagyobb akrilamid szennyezettséget mutató élelmiszer csoport – szintén növekvő sorrendben: 1. sült burgonya és egyéb burgonyakészítmények, 2. édességek, 3. sütemények és müzliszeletek, 3. snack egyéb készítmények, 5. burgonya chips-ek [31].

Az Európai Bizottság által működtetett gyors riasztási rendszer (RASFF) adatbázisába 2020-2021-ben magas akrilamid tartalmú élelmiszerek forgalomba kerülése miatt összesen 16 riasztásról érkezett feljegyzés. A riasztással kapcsolatos adatokat a 4. táblázat tartalmazza [32].

Év	Élelmiszer megnevezése	Ak- rilamid- tartalom µg/kg	Megítélés	Refe- rencia érték µg/kg	Határ- érték- túllépés %
2021	Organic Spelt Biscuits - Bio tönköly keksz	187	Nem súlyos	150	25%
2021	Sweet biscuits from Turkey - Édes sütemény	741	Nem minősítettek	350	112%
2021	Biscuits from Nord Macedonia - Kecs	538	Nem minősítettek	350	54%
2021	Biscuits from United Kingdom - Kecs	447	Nem minősítettek	350	28%
2021	Biscuits - Kecs	732	Súlyos	350	109%
2020	Biscuits from Nord Macedonia - Kecs	500	Súlyos	350	43%
2020	Crackers from Latvia - Kréker	1167	Nem minősítettek	400	192%
2020	Cookies from Ukraine - Sütemény	1173	Nem minősítettek	350	235%
2020	Cookies from Russia - Sütemény	3964	Súlyos	350	1033%
2020	Cookies from Russia - Sütemény	2726	Súlyos	350	679%
2020	Biscuits from India, manufactured in Oman, via the UK - Sütemény	497	Súlyos	350	42%
2020	Fruit vegetables chips - Zöldség chips	2478	Súlyos	750	230%
2020	Chips manioc - Manióka chips	2272	Súlyos	750	203%
2020	Fruit vegetables chips - Zöldség chips	1994	Súlyos	750	166%
2020	Fruit vegetables chips - Zöldség chips	1846	Súlyos	750	146%

4. Táblázat. Az Európai Bizottság RASFF rendszerében történt riasztások magas akrilamid tartalom miatt 2020-ban és 2021-ben [32]

A 4. táblázat értékei kecszek, sütemények és különböző chips-ek adataiból kerülnek ki. A határérték túllépés %-os értékei a RASFF táblázat akrilamid tartalma és az élelmiszer típusra vonatkozó referencia-értékek [13] arányát jelentik. A riasztási rendszerbe került termékek közül egy Oroszországból származó sütemény a rá vonatkozó referencia-értékhez képest több mint 10-szeres mennyiségű akrilamidot tartalmazott.

Schmidt [33] kapszulas és örölt kávékészítmények akrilamid tartalmát LC-ESI-MS/MS technikával vizsgálta. A kávé akrilamid tartalma a pörkölés során keletkezik. A pörkölés kezdeti szakaszában akár 7 mg/kg (7000 µg/kg) Maillard-termék is keletkezhet, de a pörkölés folyamat vége felé a képződött akrilamid jelentős része elbomlik. Az 5. táblázat a sötétre, közepesre, illetve világosra pörkölt kávé akrilamid-tartalmát mutatja be [33].

Sorszám	Őrölt kávé $\mu\text{g}/\text{kg}$	Lefőzött kávé $\mu\text{g}/\text{kg}$	Pörkölés
1	224,0	170,7	Sötét
2	237,7	230,0	Világos
6	201,6	231,9	Sötét
7	161,6	183,8	Sötét
10	287,9	280,3	Világos
11	107,0	128,7	Sötét
13	446,5	427,4	Világos
14	353,7	351,0	Közepes
19	205,6	242,2	Sötét
20	271,1	279,9	Közepes
22	128,8	126,5	Sötét
25	284,9	250,2	Sötét
26	399,8	389,9	Sötét
27	121,4	124,2	Közepes
28	130,2	119,0	Sötét
29	174,3	159,4	Közepes
30	189,8	200,2	Sötét
31	224,9	255,6	Sötét
32	263,3	276,2	Közepes
33	416,2	407,9	Közepes

5. Táblázat: Sötétre, közepesre és világosra pörkölt kávék akrilamid tartalma Schmidt mérései alapján [33]

A szerző megállapítása szerint – a szakirodalommal ellentétben – a pörkölésnél képződött akrilamid mennyisége 95% konfidenciaszinten nem volt szignifikáns a különböző pörkölési fokozatú kávék akrilamid tartalmát tekintve. A pörkölt kávék akrilamid tartalma 107,0 és 446,5, a lefőzött italok koncentrációja pedig 119,0 és 427,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt. Schmidt nem talált szignifikáns különbséget a pörkölt kávék és a belőlük főzött kávéital akrilamid tartalmában sem [33]. Az utóbbi megállapítás helyességét alátámasztja, hogy karbonilcsoportja révén az akrilamid kifejezetten poláros vegyület, jól oldódik vízben, így jó hatásfokkal extrahálható a kávéital főzése közben is.

A Wessling Cégcsoport Altenbergében működő laboratóriumában Martin Halle 2020-ban GC-MS technika alkalmazásával különböző teák akrilamid tartalmát vizsgálta. A vegyület a vizsgált 19 db tea mintában az 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ alsó méréshatár és 1990 $\mu\text{g}/\text{kg}$ közé esett. Négy db minta akrilamid tartalma 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ felett volt [34]. Mivel az EU rendelet [13] a teakészítményekre nem vonatkozik, a szerző a teák minősítését nem tudta elvégezni, mindazonáltal felmerül a kérdés, hogy amennyiben más teakészítményeknél is hasonló eredményekre lehetne jutni, akkor nem volna-e célszerű a rendelet IV. mellékletét további élelmiszer csoportokkal is bővíteni [13].

2006 és 2017 között 1033 db minta akrilamid tartalmának vizsgálata történt ugyan csak a Wessling Cégcsoporton belül LC-ESI-MS/MS technika alkalmazásával. A vizsgált

minták között 783 db szilárd élelmiszer szerepelt, ebből 716 db burgonya chips volt. Az elemzett 14 db sós kekszben az akrilamid tartalom 10 és 290 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt 126 $\mu\text{g}/\text{kg}$ átlaggal. 28 db sütőipari termékben mindössze 5 minta esetében találtak kimutatható mennyiségben akrilamidot 30 és 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tartományban. A 716 burgonyából készült élelmiszer minta 97,1%-a tartalmazott az $\text{LOQ}=10 \mu\text{g}/\text{kg}$ feletti mennyiségű Maillard-terméket. Ezek közül 106 db minta (14,8%) szennyezettsége haladta meg az Európai Unió rendeletében [13] még eltűrhető 750 $\mu\text{g}/\text{kg}$ értéket. A zömében ivóvíz folyadék minták akrilamid szintjét minden esetben a folyadékokra vonatkozó $\text{LOQ}=1,0 \mu\text{g}/\text{L}$ érték alattinak találták [35].

Az Európai Unió akrilamid csökkentésre irányuló rendelete

Az Európai Unió Bizottsága a rendelkezésére álló kutatási és élelmiszer-vizsgálati eredmények alapján 2017-ben úgy döntött, hogy a sütéssel hőkezelt élelmiszerekben várhatóan keletkező akrilamid szinteket csökkenteni kell [13]. Az EU 2017/2158 számú rendeletében előírta, hogy a sütéssel hőkezelt élelmiszerek alapanyagait gondosan kell válogatni. Mivel a tapasztalatok szerint a legnagyobb kockázatot a burgonyából helytelen technológiával készült termékek jelentik, a sütésre szánt gumókat ellenőrzött körülmények között kell tárolni, szállítani, gondosan kell válogatni és lehetőség szerint 168 °C alatti hőmérsékleten kell sütni a termékeket fogyasztók egészségének védelme érdekében. A rendelet többek között előírja, hogy felhasználás előtt meg kell vizsgálni a sütésre szánt burgonya redukálócukor tartalmát. A redukálócukor tartalom a süttött termék színének az USDA Munsell színskálájával történő összehasonlításával is becsülhető, de más, a sütés hatására keletkező szín mérési módszerének alkalmazását is elfogadja a jogszabály [13]. Az USDA Munsell színskálája a 3. ábrán látható [36].



3. Ábra: USDA Munsell színskála [36]

ANYAG ÉS MÓDSZER

Felhasznált anyagok

A vizsgálatok során az alábbi vegyszer készítményeket használtuk:

Akrilamid referencia standard (ER 3060, vagy ezzel egyenértékű készítmény), akrilamid-2,3,3-D3 izotópjelzett belső standard (ER 2396, vagy ezzel egyenértékű belső standard), metanol (MS 1811, vagy ezzel egyenértékű készítmény), jégcet (MS 1102 vagy ezzel egyenértékű készítmény), n-Hexán (MS 1312, vagy ezzel egyenértékű készítmény), MQ tisztaságú víz (saját előállítású);

Az élelmiszer minták extraktumainak tisztításához HyperSep Hypercarb 1000 mg/6 mL 60106-402 többfunkciós, apoláris, erős anioncserélő és erős kationcserélő tulajdonságú töltet tartalmazó SPE oszlopot használtunk. Az extrakciót vizes mintákból poláros komponensek megkötésére alkalmas Supelclean ENVI-Carb Plus 500 mg/6 ml keresztkötésű polisztirol-divinilbenzol kopolimer töltet tartalmazó SPE oszloppal végeztük.

Műszeres elválasztástechnika

A megtisztított és beállított térfogatú extraktumok elválasztását Hypercarb, 50 x 2,1 mm HPLC kolonna (5 µm) oszlopon, az akrilamid detektálását és mennyiségi meghatározását pozitív üzemmódú ESI ionforrással ellátott Agilent TripleQuad 6410/6490 LC-MS/MS rendszer alkalmazásával végeztük dinamikus MRM (Multiple Reaction Monitoring) módban. A kromatográfiai adatgyűjtés MassHunter B.08 szoftverrel történt.

Vizsgálati módszer, kalibráció, minőségbiztosítás, alsó méréshatár (LOQ)

A Wessling Hungary Kft. Élelmiszerbiztonsági Üzletága laboratóriumában az egyes élelmiszerek akrilamid tartalmának meghatározását az MSZ EN 16618:2015 sz. szabvány [12] alapján végeztük. A dokumentum az EN 16618:2015 sz. európai szabvány honosításával készült [37]. A részletes vizsgálati eljárást a Wessling Hungary Kft. SOP-6252-02 eljárás utasítása tartalmazza [38].

A mennyiségi meghatározást belső standard kalibrációs módszerrel végeztük. A vizsgálandó mintákra kapott csúcsterület-arányokból a kalibrációs egyenes ismeretében az adatgyűjtő és feldolgozó szoftver számította ki az injektált minták koncentrációját. Az extraktumok akrilamid tartalma mennyiségi meghatározásához 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 és 1000 ng/ml koncentrációjú kalibrációs oldatokat használtunk, amelyekhez egyöntetűen 2000 mg/ml koncentrációjú izotópjelzett akrilamid belső standardet adagoltunk.

Az extrakció hatásfokának kiszámítása az azonos mátrixtípusba tartozó adalékolt minta vizsgálatának eredményei alapján történt.

A rutin mérések során minden sorozatban legalább hárompontos kalibrációt vettünk fel. A kalibrációs görbét akkor fogadtuk el, ha a regresszióra legalább $R^2 \geq 0,99$ érték teljesült. Ennél kedvezőtlenebb regresszió esetén ismételt kalibrációt végeztünk. Minden mérési sorozatban standard addíciós (spike-olt) mintát is mérünk. Amennyiben a mintaszám indokolta, öt mintánként egy-egy újabb standard addíciós minta vizsgálatát is elvégeztük.

Az előírt visszanyerési tartomány 70 és 120 %. A standard addicionált mintából határoztuk meg a visszanyerés értékét. Ha a visszanyerési érték kívül esett az előírt tartományon, akkor a mérést megismételtük.

A tömegspektrumokon az ismeretlen és addíciós minták MRM ionarányai legfeljebb 20 %-ot térhettek el a standardok azonos paraméterekkel megmért MRM ionarányaitól. A célkomponens kromatográfiás retenciósi ideje $\pm 2,5$ % határon belül egyenlő volt a kalibráló oldatok komponensének retenciósi időivel.

A folyamatos minőségbiztosítás érdekében rendszeresen mértünk tanúsított anyagmintákat (CRM – Certified Reference Material) anyagmintát és jártassági vizsgálatokban is részt vettünk.

Az általunk használt vizsgálati módszerrel élelmiszerekből (sütőipari termékek, édesipari termékek, pörköltkávé, azonnal oldódó kávékészítmények, kávé és kávépótszerek, keményítő tartalmú élelmiszerek) mátrixtól függően 10-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ alsó méréshatárral mutattuk ki az akrilamid-tartalmat.

Vizsgálati minták

A jelen dolgozatunk tárgyát képező vizsgálatok mintáit a Wessling Hungary Kft. ügyfelei megrendelése alapján végeztük. Mivel a mintavétel nem rendszer-szerűen, tervezetten történt, vizsgálati eredményeink nem tekinthetők reprezentatívnak, de véleményünk szerint viszonylagosan nagy számuk miatt mégis jellemezhetik a hazai élelmiszerekben előforduló akrilamid-tartalmat.

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

Ügyfeleink 2018. január 1. és 2022. április 20. között 4139 minta vizsgálatát rendelték meg. Ezek közül 3176 db minta (76,73%) tartozott a 2017/2158 rendelet hatálya alá. A beszállított minták 23,31%-ára, azaz 965 mintára nem vonatkoztak a rendelet előírásai [13].

A minták vizsgálati eredményeinek értékelési módja

Mivel a vizsgálatra beszállított minták jellege sokféle volt, és a 2017/2158 rendelet maga is számos élelmiszercsoportot határoz meg egymáshoz képes különböző referencia-értékekkel [13], vizsgálati eredményeinket az egyes mintatípusokra vonatkozó referencia-értékekre normálva adjuk meg. Ilyen módon az összes, referencia-értékkel rendelkező minta vizsgálati eredménye összehasonlíthatóvá válik: ha a vizsgálati eredmény és a mintára vonatkozó egyedi referencia-érték hányadosa < 1 , a minta megfelelő, ha a hányados ≥ 1 , akkor a minta a rendelet szerint kifogásolható. A referencia-értékkel nem rendelkező minták esetén ez az eljárás természetesen nem alkalmazható. A minták vizsgálati eredményeinek összefoglalt adatait az 6. táblázat, a 2017/2158 rendelet szerinti mintatípusokhoz tartozó adatokat pedig a 7. táblázat tartalmazza.

Összefoglaló vizsgálati eredmények

Az összes mintából 3177 db minta esetében mutattunk ki akrilamidot, vagyis a minták 76,76%-át találtuk akrilamidra pozitívnak 10-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ alsó méréshatár mellett. Ez azt jelenti, hogy az ügyfelek által vizsgálatra beküldött mintáknak több, mint háromnegyed részében mutattuk ki a Maillard-reakció termékét.

Miután a beszállított mintákra nem vonatkoztak egyértelműen a 2017/2158 rendelet referencia-értékei, külön kellett kezelnünk a referencia-értékkel rendelkező és az azzal nem rendelkező vizsgálati egyedek eredményeit.

Referencia-értékkel rendelkező minták

A referencia-értékkel rendelkező minták közül 664 db esetében nem tudtunk mérhető mennyiségű akrilamidot kimutatni (negatív minták). Ez a referencia-értékkel rendelkező minták 20,90%-át tette ki.

A referencia-értékkel rendelkező minták közül 2278 egyedben találtunk mérhető mennyiségű, de a rájuk vonatkozó referencia-értékeknél kisebb mennyiségű akrilamidot (pozitív, megfelelő minősítésű minták). Ez a referencia-értékkel rendelkező minták 71,72%-a.

A referencia-értékkel rendelkező minták közül 232 egyedben találtunk a rájuk vonatkozó referencia-értékeknél nagyobb mennyiségű akrilamidot (pozitív, kifogásolható minősítésű minták), vagyis a referencia-értékkel rendelkező minták 7,30%-a volt kifogásolható.

Referencia-értékkel nem rendelkező minták

Referencia-értékkel nem rendelkező mintáink száma 965 volt, amely az összes mintának 23,30%-át tette ki.

A referencia-értékkel nem rendelkező minták közül 298 tételben nem mutattunk ki érhető mennyiségű akrilamidot, vagyis ebben a minta csoportban 30,88% volt akrilamidra nézve negatív minta.

A 667 pozitív minta a referencia-értékkel nem rendelkező minták mennyiségének 69,12%-át tette ki.

A 965 db referencia-értékkel nem rendelkező minta a 2017/2158 rendelet előírásai alapján nem minősíthető.

Minta kategóriák	Minták db száma	Minták aránya %
Összes vizsgált minta	4141	100,0
Összes, pozitív minta (10-50 µg/kg LOQ)	3177	76,76*
Összes, referencia-értékkel rendelkező minta	3176	76,73*
Referencia-értékkel rendelkező negatív minta	664	20,91**
Referencia-értékkel rendelkező pozitív minta	2510	79,03**
Referencia-értékkel rendelkező pozitív megfelelő minta	2278	71,72**
Referencia-értékkel rendelkező pozitív kifogásolt minta	232	7,30**
Referencia-értékkel nem rendelkező összes minta	965	23,30*
Referencia-értékkel nem rendelkező negatív minta	298	30,88***
Referencia-értékkel nem rendelkező pozitív minta	667	69,12***

*Az összes mintaszámhoz viszonyított arány

**A referencia-értékkel rendelkező mintaszámhoz viszonyított arány

***A referencia-értékkel nem rendelkező mintaszámhoz viszonyított arány

6. Táblázat: Az akrilamidra vizsgált minták összefoglaló értékelése

A 2017/2158 rendelet szerinti mintatípusok	Összes vizsgált minták száma db	Összes pozitív minták száma db	Pozitív megfelelő minták száma db	Pozitív minták aránya típuson belül %	Pozitív kifogá- solt min- ták száma db	Kifogá- solási arány mintati- puson belül %	Összes, referen- cia- érték- kel rendel- kező abszol- út ki- fogáso- lási %	Nega- tív minták száma db	Negatív minták aránya típuson belül %	Összes megfelelő minták aránya %
Burgonyapépből készült étel	6	0	0	0	0	0,00	0,00	6	100,0	100,0
Kávé, gabona-alappótkávé	10	10	5	100	5	50,00	0,12	0	0,0	50,00
Bébiétel, egyéb	13	3	3	23	0	0,00	0,00	10	76,9	100,0
Burgonya, sült	20	18	15	90	3	15,00	0,07	2	10,0	85,00
Kenyérfélék, ropogós kenyér	35	35	30	100	5	14,29	0,12	0	0,0	85,71
Édesipar, bébi-ételek	37	30	30	81	0	0,00	0,00	7	18,9	100,0
Müzli kukorica alapon	43	38	27	88	11	25,58	0,27	5	11,6	74,42
Kávé, instant	60	47	47	78	0	0,00	0,00	13	21,7	100,0
Sütőipar, egyéb	78	62	62	79	0	0,00	0,00	16	20,5	100,0
Snack	90	69	56	77	13	14,44	0,31	21	23,3	85,56
Kávé, pörkölt	106	106	100	100	6	5,66	0,14	0	0,0	94,34
Snack, burgonyás chips	162	162	150	100	12	7,41	0,29	0	0,0	92,59
Ostya és tallér	168	156	133	93	23	13,69	0,56	12	7,1	86,31
Müzli	191	152	134	80	18	9,42	0,43	39	20,4	90,58
Sós keksz és hasonló termék	219	215	199	98	16	7,31	0,39	4	1,8	92,69
Édesipari kekszek	264	259	199	98	60	22,73	1,45	5	1,9	77,27
Édesipari termék, egyéb	310	237	228	76	9	2,90	0,22	73	23,5	97,10
Sütőipar, dúsított termék	623	432	431	69	1	0,16	0,02	191	30,7	99,84
Kenyérfélék, sütőipar	739	479	429	65	50	6,77	1,21	260	35,2	93,23
Egyéb termék referencia-érték nélkül	965	667	0	69	0	0,00	0,00	298	30,9	0,00
Összesen	4139	3177	2278	76,8	232	5,61	5,61	962	23,2	94,39

7. Táblázat: Az akrilamidra vizsgált minták részletes eredményei
(a minták a rájuk vonatkozó vizsgálati szám növekvő sorrendjében szerepelnek).

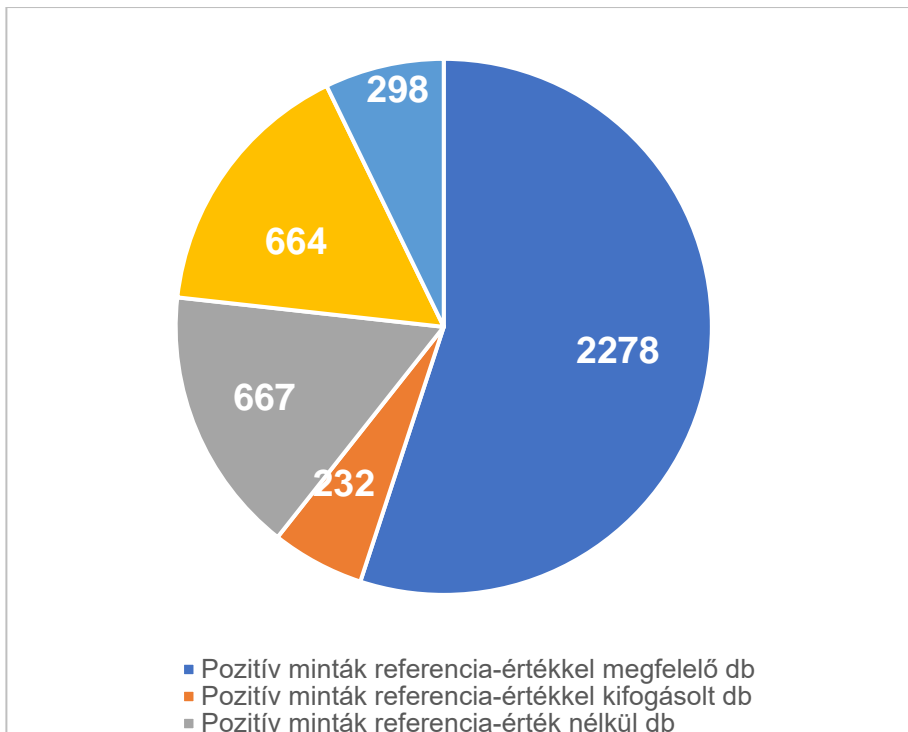
KÖVETKEZTETÉSEK

Dolgozatunkban a Wessling Hungary Kft. Élelmiszerbiztonsági Üzletága laboratóriumában az utóbbi négy esztendő alatt akrilamid-tartalomra vizsgált szilárd élelmiszerminták adatait dolgoztuk fel.

A vizsgált 4139 db mintának több, mint háromnegyed részében találtunk az LOQ-értékek feletti mennyiségű Maillard-terméket. Ugyanakkor figyelemreméltó, hogy vizsgálataink alapján érzékelhető, az élelmiszeripari szereplők törekvése gyártási folyamataik olyan módon való módosítására, hogy termékeik akrilamid-tartalma lehetőleg ne haladja

meg az Európai Bizottság 2017/2158 rendelet IV. Mellékletében közzé tett referencia-értékeket [13].

A laboratóriumunkba szállított minták közel egynegyed részét, 965 mintát nem tudtuk besorolni a vonatkozó rendeletben nevesített élelmiszer kategóriákba. Bízató gyártói magatartásnak ítéljük, hogy ügyfeleink olyan élelmiszer termékek akrilamid tartalmát is ellenőrizni akarták, amelyekre jelenleg nem vonatkozik az akrilamid tartalom csökkentésére irányuló európai uniós szabályozás. Ugyanakkor úgy véljük, hogy célszerű lenne a rendelet fentebb említett IV. Mellékletének listáját további élelmiszer típusokkal bővíteni, hiszen e termékek 69,12%-ában találtunk az LOQ érték feletti akrilamid tartalmat, tehát jelenleg számos olyan élelmiszer típus van forgalomban, amellyel – esetenként – jelentős mennyiségű akrilamid felvételt jelenthet az ilyen élelmiszerek fogyasztása esetén. Ezt a véleményünket támasztja alá a 4. ábra, amelyen az egyes pozitív és negatív vizsgálati eredményű minta csoportok egymáshoz viszonyított arányát mutatjuk be.



4. ábra: Az egyes pozitív és negatív (<LOQ) vizsgálati eredményű mintacsoportok egymáshoz viszonyított aránya

Az egyelőre jogi szabályozás alá nem eső termékek között különböző húsalapú termékek, készételek szerepeltek. A jelenlegi helyzetben nem tudjuk a 2017/2158 rendelet IV. Melléklete hatálya alá besorolni a különböző fásírozott készítményeket, rántott ételeket sem, holott ezekben a készítményekben lehetőség van a redukáló cukrok és aminosavak között lejátszódó Maillard-reakciókra, közöttük az akrilamid képződésére. E két termékcsoporthoz ellenőrzése Magyarországon különösen fontos lehetne, mert mind a fásírozott ételek, mint a rántott hús ételek gyakori szereplői mindennapos táplálkozásunknak.

A hőkezeléssel előállított, redukáló cukrokat és aminosavakat egyaránt tartalmazó hőkezelt élelmiszerek akrilamid tartalmának csökkentésére irányuló európai uniós jogi szabályozás hatékonyságát mutatja, hogy a vizsgált összes élelmiszer akrilamid tartalmát – saját, nem reprezentatív vizsgálatai eredményeink alapján – sikerült a kifogásolt termékek arányát 6% alá csökkenteni. A mi esetünkben a kifogásolási arány 5,61% volt.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁSA

Köszönetünket fejezzük ki a Wessling Hungary Kft. Élelmiszerbiztonsági Üzletága Laboratóriumában dolgozó kollégáknak, Keresztúri Józsefnek, Kelemen Flórának a mérések beállításáért, folyamatos végzéséért, hasznos tanácsaikért, a Laboratórium valamennyi dolgozójának, valamint az Informatikai Osztályon Zrupkó Bencének a laboratóriumi információs rendszerben hosszú évek alatt felhalmozódó releváns mérési adatok kezelésért és a dolgozat megírásához szükséges formában történő leválogatásáért.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Kawamura S. (1983): Seventy Years of the Maillard Reaction. The Maillard Reaction in Foods and Nutrition, pp. 3-18. ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 1983.
- [2] Maillard, L.C. (1912): Action des Acides Amines sur les Sucres: Formation des Melanoidines par voie Methodique. Comptes rendus de l'Académie des Sciences (Paris), 154. pp. 66-68.
- [3] Wikipedia (2022a): Louis Camille Maillard. https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Camille_Maillard (Hozzáférés: 2022.04.10.)
- [4] Oda, S.S. (2017): Metformin Protects against Experimental Acrylamide Neuropathy in Rats. Drug Development Research. 78. 7. pp. 349-359. DOI: <https://doi.org/10.1002/ddr.21400>
- [5] An, L., Li, G., Si, J., Zhang, C., Han, X., Wang, S., Jiang, L., Xie, K. (2015): Acrylamide Retards the Slow Axonal Transport of Neorofilaments in Rat Cultured Dorsal Root Ganglia Neurons and the Corresponding Mechanisms. Neurochem Research. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26721510/> (Hozzáférés: 2022.04.02.) DOI: <https://10.1007/s11064-015-1782-z>
- [6] Dearfield, K.L., Douglas, G.R., Ehling, U.H., Moore, M.M, Sega, G.A., Brusick, D.J. (1995): Acrylamide: a review of its genotoxicity and an assessment of heritable genetic risk. Mutation Research 330. pp. 71-99.
- [7] Höltz-Armstrong, L., Kucab, J.E., Moody, S., Zwart, E.P., Loutkotová, L., Duffy V., Luijten, M., Gamboa da Costa, G., Stratton, M.R., Philipp, D.H., Arlt, V-M. (2020): Mutagenicity of acrylamide and glicidamide in human TP53 knock-in (Hupki) mouse embryo fibroblast. Archives of Toxicology. 12. pp. 4173-4196. DOI: <https://10.1007/s00204-020-02878-0>
- [8] Sigma Aldrich (2022): Az akrilamid szerkezeti képlete. <https://www.sigmaaldrich.com/HU/en/product/sigma/a9099> (Hozzáférés: 2021.03.18.)
- [9] Wikipedia (2022b): Glicidamid. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Glicidamid#/media/F%C3%A1jl:Glycidamide.svg> (Hozzáférés: 2022.03.28.)

- [10] Spanyol, P. (1957): Élelmiszerbarnulásokot okozó vegyületek keletkezése és kémiai szerkezete. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 2. 5-6. pp. 133-144.
- [11] Tareke, E.; Rydberg P., Karlsson, P., Eriksson, S., Törnquist, M. (2002): Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 50. (17): 4998–5006. DOI: <https://10.1021/jf020302f>.
- [12] Magyar Szabvány (2015): MSZ EN 16618:2015 szabvány. *Élelmiszer-vizsgálatok. Az akrilamid meghatározása élelmiszerben folyadékkromatográfiás tandem-tömegspektrometriával (LC-ESI-MS/MS)*
- [13] Európai Unió Bizottsága (2017): A Bizottság (EU) 2017/2158 rendelete (2017. november 20.) az élelmiszerek akrilamid-tartalmának csökkentésével kapcsolatos kockázatsökkentő intézkedések és referenciaszintek megállapításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=IT> (Hozzáférés: 2020.05.11.)
- [14] Smith E.A., Oehme F.W. (1991): *Acrylamide and Polyacrylamide: A Review of Production, Use, Environmental Fate and Neurotoxicity*. Comparative Toxicology Laboratories, College of veterinary Medicine, Kansas State University Manhattan, KS 66505-5606 USA. 9. 4. pp. 215-228.
- [15] Wikipedia (2022c): Acrylamide. <https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide> (Hozzáférés: 2022.04.20.)
- [16] Mattern R.: Különbség az akrilamid és a poliakrilamid között. *Sawakinome*. <https://hu.sawakinome.com/articles/science--nature/difference-between-acrylamide-and-polyacrylamide-2.html> (Hozzáférés: 2022.04.20.)
- [17] 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. DOI: <https://10.1016/j.tiv.2009.12.010>
- [18] Thakurela, S., Garding, A., Jung, J., Schübeler, D., Burger, L., Tiwari, V. K. (2013): Gene regulation and priming by topoisomerase II a in embryonic stem cells. *Nature Communications*. 4:2478 DOI: <https://10.1038/ncomms3478> www.nature.com/naturecommunications (Hozzáférés: 2021.03.18.)
- [19] Duan, X., Wang, Q-Ch., Chen, K-L., Zhu, Ch-Ch., Liu, J., Sun, Sh-Ch. (2015): Acrylamide toxic effects on mouse oocyte quality and fertility in vivo. *Scientific Reports*. 5:11562. DOI: <https://10.1038/srep11562> (Hozzáférés: 2020.08.13.)
- [20] Schwend, T., Möller, M., Schabaker, J., Ruppert, T., Wink, M. (2009): Alkylation of Adenosine Deaminase and Thioredoxin by Acrylamide in Human Cell Cultures. *Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen*. 64c. pp. 447-453. DOI: <https://10.1515/znc-2009-5-624>
- [21] Je, Y. (2015): Dietary acrylamide intake and risk of endometrial cancer in prospective cohort studies. *Gyneologic Oncology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25516180/> (Hozzáférés: 2022.03.28.) DOI: <https://10.1007/s00404-014-3595-8>
- [22] Janneke G. F. Hogervorst, J.G.F., Schouten, L.J., Konings, E.J.M., Goldbohm, R.A., Brandt, P.A. van den (2009a): Lung Cancer Risk in Relation to Dietary Acrylamide Intake. *Journal of the National Cancer Institute*. 101. 9. pp. 651-662. DOI: <https://10.1093/jnci/djp077>

- [23] 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 Occupational Health*. 48. 5. pp. 314-28.
- [24] Favinha, A.G., Barreiro, D.S., Martins, J.N., O’Tole, P., Pauleta S.R. (2020): Acrylamide-hemoglobin adduct: A spectroscopic study. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 241. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142520306235> (Hozzáférés: 2022.03.29.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118644>
- [25] Wilson, K.M., Vesper, H.W., Tocco, P., Sampson, L., Rosén, J., Hellenas, K-E., Törnquist, M., Willet, W.C. (2009): Validation of a food frequency questionnaire measurement of dietary acrylamide intake using hemoglobin adducts of acrylamide and glycidamide. DOI: <https://10.1007/s10552-008-9241-7>
- [26] Schettegen, T., Rossbach, B., Kütting, B., Letzel, S., Drexler, H., Angere, L. (2004): Determination of haemoglobin adducts of acrylamide and glycinamide in smoking and non-smoking persons of the general population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 207. pp. 531-539. DOI: <https://10.1078/1438-4639-00324>
- [27] Benford, D., Bignami M., Chipman, J.K., Bordajandi, L.R. (2022): Assessment of the genotoxicity of acrylamide. European Food Safety Authority (EFSA). *EFSA Journal Scientific Report*. pp. 1-45. DOI: <https://10.2903/j.efsa.2022.7293>
- [28] Kütting, B., Schettegen, T., Schwegler, U., Fromme, H., Uter, H., Angerer, J., Drexler, H. (2009): Acrylamide as environmental noxious agent - A health risk assessment for the general population based on the internal acrylamide burden. *International Journal of Environmental Health*. 212. pp. 470-480 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2009.01.002>
- [29] Mucci, L.A., Wilson K.M. (2008): Acrylamide Intake through Diet and Human Cancer Risk. *Agricultural and Food Chemistry*. 56. pp. 6013-6019. DOI: <https://10.1021/jf703747b>
- [30] Dybing E., Sanner, T. (2003): Risk assessment of acrylamide in foods. *Toxicological Sciences* 75. pp. 7-15. DOI: <https://10.1093/toxsci/kfg165>
- [31] USDA (2015): U.S. Food and Drug Administration (2015): Survey Data on Acrylamide in Food. Acrylamide Values in Individual Food Product Samples. <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/survey-data-acrylamide-food> (Hozzáférés: 2022. 02. 25.)
- [32] Európai Unió Bizottsága (2022): RASFF – Rapid Alert System Food and Feed. <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> (Hozzáférés 2022.02.28.)
- [33] Schmidt N. (2021): Kereskedelmi forgalomban kapható kapszulás kávék akrilamid tartalma. *Élelmiszervizsgáló közlemények*. 66. 4. pp. 3679-3685. DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2021/4-4-HUN>
- [34] Halle, M. (2020): Results of acrylamide in tea were all purchased with GC-MS (Wessling Method WES005 ID 56). Személyes közlés cégcsoporton belül. E-mail 2021.10.25. Halle, Marco marco.halle@wessling.de
- [35] Szigeti T.J. (2017): Élelmiszereink akrilamid-tartalma. *Élelmiszervizsgáló közlemények*. 64. 1. pp. 1840-1866.

- [36] USDA (2007): Color Standards for Frozen French Fried Potatoes. Munsell Color. Fifth Edition. https://www.torso.de/images/product_images/original_images/393_0.jpg (Hozzáférés: 2020.05.11.)
- [37] EN (2015): EN 16618:2015: Food analysis. Determination of acrylamide in food by liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-ESI-MS/MS)
- [38] SOP-6252-02 (2021): Akrilamid meghatározása élelmiszerekben LC-MS/MS technikával. Eljárási utasítás. Wessling Hungary Kft. Készítette: Kelemen Flóra.

**ARE NOVEL FOODS SAFE? | BIZTONSÁGOSAK-E AZ ÚJ
ÉLELMISZEREK?**

KISS Annamária Nikolett² – MACZÓ Anita¹

Abstract

More and more products of food innovation can appear on our table, like foods produced by new technologies, new sources of nutrients, exotic fruits and new plant parts. What can be the basis for guaranteeing that these novelties are safe and do not risk our health? We provide insight into the process of novel food authorization where two pillars, science and regulation, ensure together that novel foods are safe to be consumed.

Keywords

Novel food, food innovation, authorization, food safety

Absztrakt

Élelmiszeripari innovációk egyre több terméke kerülhet napjainkban az asztalunkra, mint például új technológiával előállított élelmiszerek, új tápanyagforrások, egzotikus gyümölcsök és növényi részek. Vajon, mi alapján garantálható az, hogy ezek az újdonságok valóban biztonságosak és nem veszélyeztetik egészségünket? Cikkünkkel betekintést nyújtunk az új élelmiszerek engedélyezésének folyamatába, aminek két alappillére, a tudomány és a jogi szabályozás, együttesen biztosítja azt, hogy az új élelmiszerek biztonsággal fogyaszthatók legyenek.

Kulcsszavak

új élelmiszer, élelmiszer innováció, engedélyezés, élelmiszer-biztonság

¹ maczoa@nebih.gov.hu | ORCID:0000-0002-0284-6670 | food safety referent, NÉBIH | kockázatkezelési referens, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

² KissAnna@nebih.gov.hu | ORCID:0000-0002-0284-6670 | food safety referent, NÉBIH | kockázatkezelési referens, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal

BEVEZETÉS

Új élelmiszer előállítási technológiák, új alapanyagok bevezetése és a változó élelmiszerfogyasztási szokások mind újabb és újabb veszélyeket hordozhatnak. A nemzetközi kereskedelem fejlődése és az áruk szabad áramlása következtében szintén szembe kell nézni nem várt kockázati tényezőkkel, például ismeretlen termékek, több országra kiterjedő élelmiszer eredetű fertőzések vagy mérgezések. Az élelmiszer-biztonságot szabályok előírásával és azok betartásának ellenőrzésével segítik elő a hatóságok. Az ellenőrző vizsgálatok azonban amellet, hogy költségesek és korlátozottak, nem terjeszthetők ki minden egyes élelmiszere, ezért a kockázatosnak ítélt élelmiszerek ellenőrzése kerül előtérbe. Magyarország uniós csatlakozásával a hazai élelmiszerjogi szabályozások is változtak. Az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről szóló uniós rendelet [1] alkalmazandóvá vált, amely megalapozza az egészség és a fogyasztói érdekek védelmének alapjait tekintettel az új és hagyományos termékek sokszínűségére. Ez az általános élelmiszer rendelet kimondja, hogy az élelmiszerek engedélyezésének tudományos kockázatbecslésen kell alapulnia, amelyek során biztosítani kell az átláthatóságot is. Az Európai Unió élelmiszerpolitikája során az egységes belső piac hatékony működése mellett biztosítani kell a fogyasztók egészségének védelmét és a biztonságos élelmiszerellátást. Ennek keretét az Európai Unió működéséről szóló szerződés 168. és 169. cikkei adják magukba foglalva a népegészségügy és a fogyasztóvédelem alapelveit [2]. A szerződés célkitűzéseit minden uniós jogszabálynak szem előtt kell tartania, melyek a teljes élelmiszerláncra integráltan kiterjednek a termelőtől egészen a fogyasztó asztaláig. Az élelmiszeripar újdonságainak, az innovatív termékeknek a forgalomba hozatalát és annak feltételrendszerét uniós rendeletek szabályozzák.

ÚJ ÉLELMISZEREK

Az EU csatlakozás előtt Magyarországon új élelmiszernek számítottak azok az élelmiszerek, amelyek belföldön még nem kerültek közfogyasztásra [3]. Az új élelmiszerek forgalomba hozatalát az Európai Unióban először egy 1997-ben megjelent rendelet szabályozta. Az uniós jogszabály [4] szerint új élelmiszerként engedélyeztetni kell azokat az élelmiszereket, amelyeknek 1997. május 15 előtt nem volt jelentős mértékű fogyasztási hagyománya az Európai Unió területén és újszerűségükből adódóan fogyasztásuk potenciális kockázatot jelenthet. Emiatt az engedélyezés során egy teljes körű biztonsági értékelésen esnek át az új élelmiszerek, ahol a kérelmező élelmiszeripari vállalkozás felelőssége, hogy forgalomba hozatal előtt bizonyítsa az új termék biztonságosságát. Az első új élelmiszeres rendeletet (258/97/EK) 2018-ban felváltotta egy új rendelet, aminek célja a szabályozás egyszerűsítése, az engedélyezés centralizálása és az innováció hatékonyabb ösztönzése volt. Ez az új rendelet - 2015/2283/EU rendelet [5] - továbbra is azokat az élelmiszereket tekinti új élelmiszernek, amelyeknek nem igazolt az 1997. május 15. előtti számottevő fogyasztási hagyománya az Unió területén és a rendeletben meghatározott kategóriák legalább egyikébe tartoznak. Ezek a kategóriák lehetnek például módosított molekulaszervezetű összetevők, növények olyan részei, amelyet korábban nem fogyasztottunk étkezésünk során, növényi kivonatok, izolátumok, mikrobákból, gombákból vagy algákból származó sejt- vagy szövetkultúrák, nano anyagokból álló összetevők, vagy olyan új technológiával előállított termékek, ahol az új eljárás számottevő változást idéz elő az élelmiszer szerkezetében, összetételében, amellyel megváltozik annak tápértéke vagy a benne található nemkívánatos anyagok

menyisége. Az említett egyszerűsítések mellett jelentős további változás, hogy azokat az új élelmiszereket, amelyeknek fogyasztási hagyománya legalább egy harmadik országban igazolt, azok engedélyezését egyszerűsített eljárással, egy ún. notifikációval teszi lehetővé. Az új élelmiszeres engedélykérelmeket az EU Bizottsághoz kell benyújtani és biztonsági értékelésüket az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) végzi. A Bizottság csak akkor engedélyezhet egy új élelmiszert a 2015/2283/EU rendelet előírása szerint, ha az megfelel a következő feltételeknek:

- a) az élelmiszer a rendelkezésre álló tudományos bizonyítékok alapján nem veszélyezteti az emberi egészséget;
- b) az élelmiszer tervezett felhasználása nem vezet felre a fogyasztót, különösen amikor az élelmiszer egy másik élelmiszert hivatott felváltani, és a tápérték jelentős mértékben változik;
- c) amennyiben az élelmiszer egy másik élelmiszert hivatott felváltani, attól nem különbözik olyan módon, hogy rendes fogyasztása táplálkozási szempontból kedvezőtlen hatást gyakorolna a fogyasztókra [5].

Mivel az új élelmiszerek általában termékfejlesztések eredményeként innovatív termékeknek számítanak, az engedélykérelmek új technológiákat és új tudományos adatokat tartalmaznak. Az ilyen innovációk ösztönzésére a szabályozás adatvédelmi időszakot biztosít a vállalkozások számára. Ennek értelmében, ha egy új termék biztonságosságát új tudományos adatokkal támasztja alá a kérelmező, akkor öt éven keresztül kizárólagos forgalmazási jogot kaphat a termékre.

AZ ENGEDÉLYEZETT ÚJ ÉLELMISZEREK BIZTONSÁGOSSÁGA

Egy új élelmiszer engedélyezése széles körű élelmiszer-biztonsági vizsgálatokat igényel a kérelmező vállalkozás részéről és ugyanilyen széleskörű értékelést az EFSA részéről is. A vizsgálatoknak ki kell terjedni a termék tekintetében releváns összes paraméterre. Alapvető információk az új élelmiszerek biztonsági értékelésénél a termék összetételi adatai (pl. nedvesség-, fehérje-, zsír-, szénhidrát- rosttartalmak), amelyeket analitikai vizsgálatokkal kell alátámasztani. A specifikációban szereplő paramétereknek (például kémiai, mikrobiológiai, szennyezőanyagok) a biztonságosság szempontjából meghatározónak kell lenniük. A termék típusától függően szükségesek a táplálkozáselettani, toxikológiai és mikrobiológiai vizsgálatok vagy lehetséges kémiai, technológiai szennyezőanyagok vizsgálatai. Új technológiával előállított élelmiszerek esetén kiemelt fontosságú a potenciális technológiai szennyezőanyagok (nemkívánatos anyagok) jelenlétének vizsgálata. Új tápanyagforrások esetén értékelni kell azt, hogy maga a forrás tartalmaz-e toxikus hatású összetevőt, vegyületet. Minden vizsgálati eredményt vizsgálati jegyzőkönyvekkel kell igazolni, illetve bizonyos esetekben tudományos szakirodalomra való hivatkozások is indokoltak. Olyan új élelmiszer összetevőknél, amelyek valamely tápanyag (pl. egyes vitaminok, ásványi anyagok) megnövekedett bevitelét eredményezik, szükséges annak értékelése, hogy a megnövekedett bevitel nem jár-e kockázattal a fogyasztóra nézve. Különös figyelmet kell fordítani a kockázatértékelés során a bevitel szempontjából az érzékeny fogyasztói csoportokra, így a

csecsemőkre és kisgyermekekre, a várandósokra és az idősekre. Az új élelmiszerek esetleges allergizáló hatását is értékelni kell, keresztreakció-vizsgálatát és szakirodalmi adatokat kell benyújtania a kérelmezőnek ezekre vonatkozóan. A kérelmező által benyújtott adatokat az EFSA tudományos alapon értékeli, amelyről szakvéleményt ad ki. Ezen vélemény alapján az Európai Bizottság dönt az új élelmiszer engedélyezéséről vagy annak elutasításáról. Az engedélyezésre akkor kerülhet sor, ha a tudományos szakvélemény kimondja, hogy az új élelmiszer biztonságosságát a kérelmező kellő bizonyítékokkal alátámasztotta, és az a meghatározott feltételek mellett alkalmazva nem veszélyezteti a fogyasztó egészségét. A Bizottság megállapítja a forgalomba hozatal feltételeit és frissíti az engedélyezett új élelmiszerek uniós jegyzékét. A jegyzékben előírásra kerülnek azok az élelmiszer kategóriák (pl. tejtermékek, sütőipari termékek, étrend-kiegészítők, stb.), amelyekben az új élelmiszer felhasználható, illetve a kockázatértékelés alapján meghatározott, megengedhető maximális mennyiségek. Minden engedélyezett új élelmiszernek meg kell felelnie az élelmiszerekre vonatkozó általános jelölési követelményeknek, amellyel a fogyasztót tájékoztatni kell a termék összetételéről, tápértékéről, rendeltetésszerű felhasználásáról [6]. Ezekben az általános követelményeken túl az új élelmiszerek jelölésén minden esetben az engedélyekben szereplő megnevezést kell feltüntetni, amellyel az engedélyezett új élelmiszer egyértelműen azonosítható. Példaként szemléltetjük a „DHA és EPA zsírsavakban gazdag *Schizochytrium* sp. olaj” engedélyezett új élelmiszere vonatkozó előírásokat.

Az összetevő felhasználható például a várandós és szoptató nők kivételével a felnőtt népességnek szánt, a 2002/46/EK irányelvben meghatározott étrend-kiegészítőkből 3000 mg/nap maximális mennyiségben, reggeli gabonapelyhekben 500 mg/100 g mennyiségben. Az új élelmiszer megnevezését az azt tartalmazó élelmiszerek jelölésén a következőképpen kell feltüntetni: „*Schizochytrium* sp. mikroalgából származó, DHA-ban és EPA-ban gazdag olaj” [7].

Előfordulhat olyan eset is, hogy az EFSA biztonságosnak ítéli meg az összetevő tervezett felhasználását, de olyan potenciális kockázatot is azonosít, aminek megelőzésére a fogyasztók tájékoztatása szükséges.

Néhány esetben allergén hatásra való figyelmeztetést kell feltüntetni az új élelmiszer csomagolásán. Engedélyezett rovar alapú élelmiszer esetén került ilyen előírásra. *Tenebrio molitor* (közönséges lisztbogár) lárvát tartalmazó élelmiszerek címkéjén fel kell tüntetni egy arra vonatkozó kijelentést, hogy az összetevő allergiás reakciókat válthat ki azon fogyasztóknál, akik ismertek allergiásak a rákfélékre és a poratkákra. E kijelentést az előírás szerint az összetevők felsorolásának közvetlen közelében kell elhelyezni [7].

A transz-rezveratrol étrend-kiegészítőkből engedélyezett új élelmiszer összetevő [7] értékelése során az EFSA arra a következtetésre jutott, hogy a transz-rezveratrol szulfát metabolit gátolhatja a citokróm enzimeket, és kölcsönhatásba léphet szulfatálással metabolizálódó gyógyszerekkel [8]. Ezért a transz-rezveratrolt tartalmazó étrend-kiegészítők jelölésén fel kell tüntetni egy arra vonatkozó kijelentést, hogy gyógyszert szedő személyek csak orvosi felügyelet mellett fogyaszthatják a terméket. Az új élelmiszerek biztonságosságának értékelése során a tervezett felhasználás mellett az egyéb étrendi forrásból történő bevitt is figyelembe veszik. Példaként említhetjük lakto-*N*-neotetraózt, melynek jelölésén fel kell tüntetni, hogy nem fogyaszthatók abban az esetben, ha a gyermek az adott napon már fogyasztott anyatejet vagy más, hozzáadott lakto-*N*-neotetraózt tartalmazó élelmiszert [7].

Kiemelten értékelik, hogy az érzékeny fogyasztói csoportok – pl. csecsemők, kisgyermek-ek, várandós és szoptató nők – számára az új élelmiszer tervezett mennyisége biztonságos-e. Számos esetben a csecsemők, kisgyermek-ek és terhes nők kizárásra kerültek egy-egy összetevő fogyasztásából. A kalcium-fruktoborát értékelése [9] során kevés adat állt rendelkezésre ahhoz, hogy a 18 év alatti lakosságra, valamint a terhes szoptató nők számára is kijelenthető lehetne a biztonságos fogyasztás. Erre vonatkozóan is egy biztonsági figyelmeztető jelölést kell a kalcium-fruktoborát tartalmú étrend-kiegészítőn elhelyezni. A kérelem dokumentációjának információval kell szolgálnia a felmerülő szennyezőanyagokról, melléktermékekről, szermaradványokról, mikrobiológiai szennyezőkről, azok azonosításáról és mennyiségéről. Az engedélyezett új élelmiszerek amennyiben a rájuk vonatkozó előírások betartása mellett kerülnek forgalomba, biztonságos élelmiszerek tekinthetők. Az adatok megbízhatóságáért és a reprezentatív mintavétel szabályainak betartásáért, valamint az alkalmazott analitikai módszerek pontosságáért a kérelmező felelős. A biztonsági kockázatok értékeléséhez szükséges kritériumok egyértelműen meg vannak határozva, melyekről a kérelmezők az EFSA útmutatójából tájékozódhatnak [10].

Az engedélyezett új élelmiszer	Élelmiszer kategória, amiben felhasználható	Maximális mennyiségek	Jelölési követelmények	Engedély
Repcemagfehérje	Élelmiszerek növényi fehérjével való dúsítására	nincs meghatározva	A „repcemagfehérjét” tartalmazó élelmiszerek jelölésén fel kell tüntetni egy arra vonatkozó kijelentést, hogy az összetevő allergiás reakciót válthat ki azon fogyasztóknál, akik a mustárra és az abból készült termékekre allergiásak. E kijelentést adott esetben az összetevők felsorolásának közvetlen közelében kell elhelyezni.	A Bizottság (EU) 2014/424 végrehajtási határozata
Porított tözegáfonya-kivonat	étrend-kiegészítő felnőttek számára	350 mg/nap	Az élelmiszer jelölésén a következő jelölést kell feltüntetni: „porított tözegáfonya-kivonat”	A Bizottság (EU) 2018/1631 végrehajtási rendelete
Transz-rezveratrol	étrend-kiegészítő	150 mg/nap	A <i>transz</i> -rezveratrolt tartalmazó étrend-kiegészítők jelölésén fel kell tüntetni egy arra vonatkozó kijelentést, hogy gyógyszer szedő személyek csak orvosi felügyelet mellett fogyaszthatják a terméket.	A Bizottság (EU) 2016/1190 végrehajtási határozata

Kalcium-frukto- borát	étrend-kiegészítő	220mg/nap	A kalcium-fruktoborátot tartalmazó étrend-kiegészítők jelölésén fel kell tüntetni egy arra vonatkozó kijelentést, hogy az adott étrend-kiegészítőket nem fogyaszthatja a 18 év alatti népesség, valamint nem fogyaszthatják várandós és szoptató nők.	A Bizottság (EU) 2021/2129 végrehajtási rendelete
--------------------------	-------------------	-----------	---	---

1. Táblázat: Példák engedélyezett új élelmiszerekre és felhasználási feltételeire (saját szerkesztés a 2017/2470/EU végrehajtási rendelet alapján)

NEM ENGEDÉLYEZETT ÚJ ÉLELMISZEREK

Az engedélyezés alkalmával fény derülhet arra, hogy az adott új élelmiszer nem biztonságos. Ha a rendelkezésre álló adatok alapján az EFSA kockázatértékelése nem ítéli biztonságosnak a terméket, akkor a Bizottság ezen szakvélemény alapján nem engedélyezi az új élelmiszert, az nem kerülhet forgalomba. Elutasított engedélykérelem volt a nangai dióra benyújtott kérelem mivel a benyújtott dokumentáció alapján nem volt megállapítható, hogy a termék biztonságos [11]. Az inkamogyoró (*Plukenetia volubilis*) harmadik országban hagyományos élelmiszerként történő forgalomba hozatala is elutasításra került, mivel a tudományos kockázatértékelés eredménye szerint a benne található alkaloidok típusára és mennyiségére vonatkozó adatok hiányosak [12].

Az Európai Unió tagállamainak illetékes hatóságai felügyelik, ellenőrzik a forgalomba kerülő termékeket, az előírások betartását. Nem engedélyezett új élelmiszer forgalmazása esetén az illetékes hatóságok megállapítják az alkalmazandó szankciókat és megteszik a szükséges intézkedéseket a forgalomból történő kivonáshoz. Ha nem engedélyezett új élelmiszer több tagállamban is forgalomba kerül, akkor a hatóságok jelentik az Európai Unió élelmiszer- és takarmánybiztonsági gyorsriasztási rendszerén (RASFF), amelyen keresztül tájékoztatják az érintett tagállamokat a nem jogszerűen forgalomban lévő termékről.

Az 1979 óta működő RASFF rendszerben [13] az új élelmiszeres szabályozás életbe lépésétől (1997) számítva évről évre növekszik az új élelmiszerekre vonatkozó bejelentések száma. Ezek a bejelentések vonatkozhatnak új élelmiszerek engedély nélküli forgalmazására vagy azok nem megfelelő feltételek melletti forgalmazására. Míg 2011-ben összesen 23 [14], 2020-ban már 122 bejelentés vonatkozott nem engedélyezett vagy az engedély feltételeinek nem megfelelően forgalmazott új élelmiszerekre az Európai Unióban [15].

AZ ÚJ ÉLELMISZER STÁTUSZ

Minden élelmiszeripari vállalkozónak felelőssége megbizonyosodnia arról, hogy termékeikre az új élelmiszeres szabályozás vonatkozik-e. Génmódosított élelmiszerek, adalékanyagok, élelmiszerezimek és aromák, valamint technológiai segédanyagok nem minősülnek új élelmiszereknek - akkor sem, ha azokat 1997 előtt nem használták - azokat más, rájuk vonatkozó jogszabályok szerint kell engedélyeztetni. Annak meghatározása, hogy egy termék új élelmiszer-e elsősorban az 1997. május 15 előtti jelentős mértékű fogyasztási ha-

gyomántól függ. Figyelembe kell venni azt is, hogy a terméket 1997. május 15 előtt élelmiszerelőállításra nem alkalmazott technológiával állítják-e elő, ami az összetételében szignifikáns változást okoz. A fogyasztási hagyományt az Unióban az élelmiszeripari vállalkozók által szolgáltatott információk alapján kell megállapítani [5]. Tájékoztató jellegű információkat a fogyasztási hagyományokról az EU Bizottság új élelmiszer katalógusában lehet találni [16], amely folyamatosan frissül a tagállamoktól érkező információkkal. Ha egy élelmiszeripari vállalkozó bizonytalan a terméke új élelmiszer státuszában, akkor lehetősége van egy konzultációs kérelmet benyújtania a nemzeti hatóságokhoz ennek megállapítására [5]. Ennek eredménye alapján eldönthető, hogy egy új terméket szükséges-e új élelmiszerként engedélyeztetni az Európai Unióban.

ÚJ IRÁNYOK, TRENDEK

Míg a kétezres évek elején az első engedélyezett új élelmiszerek között növényi kivonatok egyszerűbb formáival találkozhattunk, például paradicsomból származó likopin, vagy fitoszterol-észterek, amelyekkel különböző élelmiszereket dúsítottak, napjainkban egyre inkább az új forrásokra is fókuszálnak a fejlesztések. Egyre több figyelem fordul a harmadik országokban hagyományosan fogyasztott növényi termékekre. Engedélyezésre került a cascara [17], ami a kávé növény szárított gyümölcshúsa és az ebből készült teaforrázat, melyet korábban hagyományosan csak néhány afrikai és dél-amerikai országban fogyasztottak. Vízidarával is találkozhatunk már az európai piacokon, amelyet évszázadok óta fogyasztanak Délkelet-Ázsiában. Ennek a békalencse fajokhoz tartozó apró növénynek a friss zöldségként történő felhasználását az Európai Unióban 2021-ben engedélyezték [18]. Kutatások tárgyát képezik különböző mikrobiális sejt kultúrákból előállított összetevők élelmiszeripari felhasználása szem előtt tartva a fenntartható termelést és az egyre inkább tudatosabb táplálkozást. Ezek közül is legjelentősebbek az új fehérjeforrások, így a rovarfehérjék, különböző gombákból előállított fehérjék, mikrobiális fermentációval előállított fehérjék és számos hüvelyes növény új fehérjéit célozzák kutatások. Ahhoz, hogy ezek az ígéretes új élelmiszer összetevők mindennapi étkezéseink részei legyenek a termékfejlesztés útján végig haladva szigorú élelmiszer-biztonsági előírásoknak és az engedélyezési folyamat minden kritériumnak meg kell, hogy feleljenek.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Európai Unióban új élelmiszereknek minősülnek azok az élelmiszerek, amelyeknek korábban nem volt jelentős mértékű fogyasztási hagyományuk, emiatt egy tudományos alapú kockázatértékelésen kell átesniük forgalomba hozatal előtt. Ez az értékelés az engedélyezés szerves része. Az értékelés széleskörű, az új élelmiszer típusától függően kiterjed az élelmiszer-biztonság számos területére, ezzel kizárva az újszerűségből adódó kockázatot. Ezért, ha az új élelmiszerek tudományos értékelések eredményeképpen megállapított biztonsági követelményeket betartva kerülnek forgalomba, akkor azok biztonságossága a fogyasztók számára garantált. Ha a tudományos szakvélemény nem állapítja meg a termékről, hogy annak fogyasztása biztonságos, akkor az nem hozható forgalomba. Nem engedélyezett új élelmiszerek forgalomba hozatala az uniós hatóságok által ellenőrzött terület, ahol a nem jogszerűen forgalomba kerülő termékek szankciók alapján forgalomból történő kivonásra kerülnek.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

Irodalom

- [3] Lugasi Andrea, „Új Élelmiszerek engedélyezése” *Élelmiszerbiztonság megítélési módszerei I. Továbbképzési előadások gyűjteménye*. Szerkesztette: Ambrus Árpád. Budapest, 2010, pp 407-434. (ISBN 978-963-88947-0-0)
- [8] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), „Safety of synthetic trans-resveratrol as a novel food pursuant to Regulation (EC) No 258/97”, *EFSA Journal* 14(1):4368, 2016. Available: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4368>
- [9] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), „Safety of calcium fructoborate as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283”, *EFSA Journal* 19(7):6661, 2021. Available: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6661>
- [10] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), „Guidance on the preparation and submission of an application for authorisation of a novel food in the context of Regulation (EU) 2015/2283”, *EFSA Journal* 19(3):6555, 2021. Available: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6555>
- [12] European Food Safety Authority (EFSA), „*Technical Report on the notification of roasted seeds from *Plukenetia volubilis* L. as a traditional food from a third country pursuant to Article 14 of Regulation (EU) 2015/2283*”, EFSA Supporting publication EN-1817, 2020 Available: <https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-1817>
- [13] Dorogházi Enikő, Maczák Béla, Mészáros László, „Az Európai Unió élelmiszer és takarmánybiztonsági riasztási rendszere” *Élelmiszervizsgálati Közlemények* LXIII. évf. 2. szám, pp. 1565-1577, 2017.
- [14] European Commission, „*The Rapid Alert System for Food and Feed 2011 Annual Report*” Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2012 [Online] Available: https://ec.europa.eu/food/safety/rasff-food-and-feed-safety-alerts/reports-and-publications_hu
- [15] European Commission, „*The Rapid Alert System for Food and Feed 2021 Annual Report*” Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021 [Online] Available: https://ec.europa.eu/food/safety/rasff-food-and-feed-safety-alerts/reports-and-publications_hu

Jogszabályok

- [1] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 178/2002/EK RENDELETE az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A02002R0178-20210526>
- [2] Az Európai Unió Hivatalos Lapja „*Az Európai Unió Működéséről szóló szerződés*” C 326, 26/10/2012 o. 0001 – 0390 Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex%3A12012E%2FTXT>
- [4] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 258/97/EK RENDELETE az új élelmiszerekről és az új élelmiszer-összetevőkről. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A31997R0258>

[5] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2015/2283 RENDELETE az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32015R2283>

[6] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1169/2011/EU RENDELETE a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról, az 1924/2006/EK és az 1925/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról és a 87/250/EGK bizottsági irányelv, a 90/496/EGK tanácsi irányelv, az 1999/10/EK bizottsági irányelv, a 2000/13/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv, a 2002/67/EK és a 2008/5/EK bizottsági irányelv és a 608/2004/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX%3A02011R1169-20180101>

[7] A BIZOTTSÁG (EU) 2017/2470 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE az új élelmiszerek uniós jegyzékének az új élelmiszerekről szóló (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet alapján történő megállapításáról. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32017R2470>

[11] COMMISSION DECISION on refusing the placing on the market of "Nangai nuts (Canarium indicum L.)" as a novel food or novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32001D0017>

[17] A BIZOTTSÁG (EU) 2022/47 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE a *Coffea arabica* L. és/vagy a *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner szárított gyümölcsbúrája és annak forrázata (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, harmadik országból származó hagyományos élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX%3A32022R0047>

[18] A BIZOTTSÁG (EU) 2021/2191 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE a *Wolffia arrhiza* és/vagy a *Wolffia globosa* friss növényeinek az (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, harmadik országból származó hagyományos élelmiszerként történő forgalomba hozatala engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32021R2191>

Adatbázis

[16] Az Európai Bizottság új élelmiszer katalógusa: https://webgate.ec.europa.eu/fip/novel_food_catalogue/

SZALÁNCZI-ORBÁN Virág¹**Abstract**

The food sector and the food supply chain are vital to any economy because of their role as critical infrastructure. The global pandemic had an impact on this area, some players in the food industry faced serious problems during the pandemic. Changed stocks, consumer habits, supplier problems and labor shortages have made it difficult to supply food globally. The pandemic has highlighted some issues that deserve attention in the future. The effects of the new, unforeseeable crisis must be dealt with, as it can bring about radical changes in global trade, drawing attention to many problems and areas to be improved that have so far been left behind. This study looks for the problems of food chains during the pandemic, as well as the future strategies and directions.

Keywords

food safety, logistics, supply chains, Europe, New challenges, food chain

Absztrakt

Az élelmiszerszektor és az élelmiszer-ellátási lánc kritikus infrastruktúra szerepe miatt létfontosságú minden gazdaságban. A globális világméretű járvány jelentős hatással volt erre a területre, az élelmiszeripar egyes szereplői komoly problémákkal szembesültek a világméretű járvány ideje alatt. Megváltozott készletek, megváltozott fogyasztói szokások, beszállítói problémák munkaerőhiány is nehezítette az élelmiszerellátást globálisan. A világméretű járvány rávilágított néhány olyan problémára, amelyre érdemes a jövőben odafigyelni. Az új, előre nem látható válság hatásaival foglalkozni kell, hiszen gyökeres változásokat érhet el a globális kereskedelemben, sok olyan problémára és javítandó területre felhívva a figyelmet, ami eddig háttérbe szorult. Ez a tanulmány keresi az élelmiszerláncok világméretű járvány alatti problémáit, valamint a jövőbeli stratégiákat, irányvonalakat.

Kulcsszavak

élelmiszer-biztonság, logisztika, ellátási láncok, Európa, Új kihívások, élelmiszerlánc

¹ szalancziorbán.virag@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0002-1073-2788 | PhD Student, Doctoral School for Safety and Security Sciences Óbuda University | doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETÉS

A Covid-19 világjárvány jelentős fennakadásokat és problémákat okozott a logisztikai szektorban és az ellátási láncokban is. A globális kereskedelem és ellátás komoly problémákkal küzdött, melyekre azonnali és rugalmas megoldások váltak szükségessé. Ez a világjárvány rámutatott arra, hogy az ellátási láncok igenis törékenyek, függőségi kapcsolatokban vannak, a komplex rendszerük sérülékeny egy ilyen esetben. A világjárvány okozta válság szinte azonnal érintette az ellátási láncokat, mind a keresleti, mind a kínálati oldal tapasztalt fennakadásokat, többet között gyártási problémák, ellátási akadozások, készletoptimalizálási problémák léptek fel. [1]

A COVID-19 világjárvány alatt elfogadott intézkedések és korlátozások befolyásolták az ellátási láncokat, köztük az élelmiszerek ellátási láncát is. Ebben a tanulmányban a pandémia okozta megváltozott környezetet vizsgálom, az ellátási láncok problémáit, a tanulságokat és megoldásokat, azokon is belül az élelmiszerellátásra, élelmiszer-biztonságra vonatkozó jövőképet vizsgálom.

ELLÁTÁSI LÁNCOK, ÉLELMISZERELLÁTÁS, MINT KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA

Bizonyos létfontosságú rendszeremeket kritikus infrastruktúrának nevezünk. Többet között az élelmiszer (élelmiszer előállítás és élelmiszer-biztonság) is egy kritikus infrastruktúra.

Az élelmiszerlánc a „termőföldtől az asztalig” tartó, az élelmiszere közvetlen vagy közvetett hatással bíró, sokszereplős folyamatok és a létrejövő termékek összessége. [2]

Kritikus infrastruktúra: „olyan eszközök, illetve azok részei, amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, ideértve az ellátási láncot, az egészségügyet, a biztonságot, valamint az emberek gazdasági és társadalmi jólétét is”. [3]

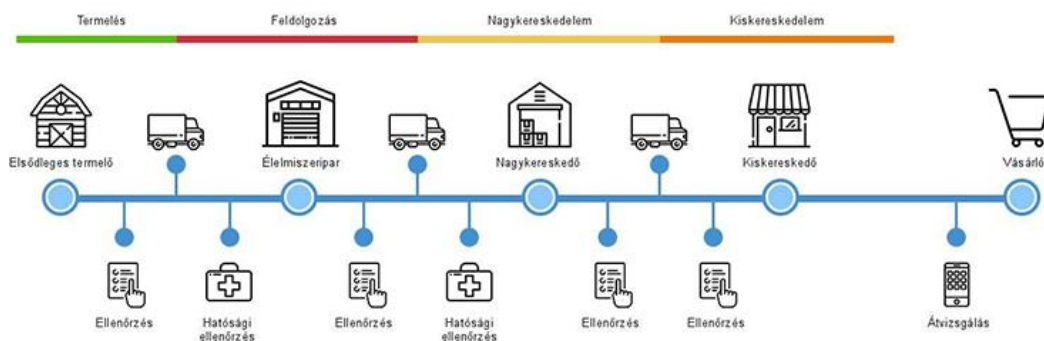
„A kritikus infrastruktúrákhoz azok a fizikai és információs technológiai berendezések és hálózatok, szolgáltatások és eszközök tartoznak, amelyek összeomlása vagy megsemmisítése súlyos következményekkel járhat a polgárok egészsége, védelme, biztonsága és gazdasági jóléte, illetve a tagállamok kormányainak hatékony működése szempontjából. A kritikus infrastruktúrák több gazdasági ágazatra kiterjednek, többek között a bankügyletekre és pénzügyekre, a szállításra és forgalmazásra, az energiaiparra, a közművekre, az egészségügyre, az élelmiszerellátásra és tájékoztatásra, valamint a kulcsfontosságú állami szolgáltatásokra. Ezen ágazatok néhány kritikus eleme nem tartozik a szigorúan vett „infrastruktúra” fogalmába, de valójában olyan hálózatok vagy ellátási láncok, amelyek valamely alapvető termék vagy szolgáltatás biztosítását támogatják. Például a jelentős városi térségek élelmiszer- vagy vízellátása néhány kulcsfontosságú létesítménytől függ, ugyanakkor a termelők, feldolgozók, gyártók, forgalmazók és kiskereskedők összetett hálózata is szükséges az ellátás biztosításához.” [4]

A kritikus infrastruktúrákhoz tartozó területek komplex hálózatok, széleskörűen értelmezhetőek. Mivel az élelmiszerellátás, az élelmiszer-biztonság, az élelmiszerláncok komplex rendszere kritikus infrastruktúra így a világjárvány ezen a területen is komoly problémákat okozott. Az alapvető ellátásban észlelhetőek voltak zavarok, éppúgy ezen a területen, mint az ellátási láncok más területein is. Globális szinten érzékelhető hatások és problémák léptek fel, melyre gyorsan kellett a résztvevőknek reagálnia.

ELLÁTÁSI LÁNCOK ÉS ÉLELMISZERLÁNCOK PROBLÉMÁI A VILÁGJÁRVÁNY IDEJÉN

A világvárvány idején az ellátási láncok törékenységének alapvető fő okainak tekinthetjük a merev-rugalmatlan ellátási láncokat, a Just In Time gyártás és csökkent készletek meglétét, az átláthatóság hiányát és a konszolidált termelési központokat. [5]

Az élelmiszer ellátási láncok mivel specifikus területnek tekinthetjük, egyéb problémákkal is szembesültek a globális nehézségeken felül.



1. Ábra: Az élelmiszer ellátási lánc szereplői [6]

Az élelmiszerlánc a „termőföldtől az asztalig” [7] tartó (1. ábra) mivoltából kifolyólag több szereplőből áll. Ezekben a rendszerekben a következő problémák léphetnek és léptek fel a világvárvány idején:

- Munkaerőhiány: Ágazat egészén érzékelhető munkaerőhiány a világvárvány alatt bevezetett korlátozások miatt (határkorlátozások, fertőzés kockázata, alapvető munkaerőhiány felerősödése... stb.).
- Feldolgozás: Ezen a részterületen a munkaerőhiány mellett az élelmiszer feldolgozó üzemekre vonatkozó korlátozások miatt termeléskiesés, leállás.
- Szállítás: Korlátozások (határellenőrzés, légi forgalom) miatt rendkívül nehéz friss és hűtött áruszállítás.
- Eladások csökkenése bizonyos termékek esetén.
- Sok összetevőt tartalmazó termékek előállításának nehézségei, készlethiányok. [8]

Az élelmiszer-ellátási láncban kiemelt fontosságú a minőség és a biztonság. Ezen kritériumok betartására törvények és ehhez kapcsolódó kötelező szabványok az irányadók. Ezen felül fontos említést tenni a piaci törvényekről, amelyek ugyancsak befolyásolják az ellátási láncokat.

Az élelmiszerellátás folytonosságának fenntartásához ezen szabályok, szabványok és törvények betartása létfontosságú, az élelmiszerellátási-lánc minden folyamatában be kell tartani biztonsági intézkedéseket. A pandémia hatására ezen betartandó szabályok tovább szigorodtak az előállítás során, gondolok ezalatt intézkedésekre a személyes higiénia, felület és munkakörnyezetre vonatkozó fertőtlenítések gyakoriságára, védőeszközök alkalmazására, társadalmi távolságtartás fenntartására. A védőintézkedések mellett is ez egy kritikus időszaknak tekinthető. [9]

A munkaerőhiány jelentős volt. Több üzemben csökkentették, felfüggesztették vagy ideiglenesen leállították a termelést a COVID-19-pozitívnak talált dolgozók miatt. Nemcsak e probléma jelentette a munkaerő kiesést, hanem azon bevezetett korlátozó intézkedések is, amelyek nem tették lehetővé, hogy a sokszor szezonális jellegű foglalkoztatáshoz elegendő munkaerő rendelkezésre álljon a határkorlátozások miatt. A fejlődő és fejletlen országokban is gyakori az ideiglenes, szezonális munkaerő alkalmazása az élelmiszeriparban különösen az ültetés, betakarítás, feldolgozás, valamint a termény szállítása területeken. Ezért az ellátási láncot jelentősen érintette ez a fajta munkaerőhiányt. [10]

Az ilyen munkaerőhiány gyengíti a termelési képességeket és az élelmiszer-biztonságot, valamint az élelmiszerellátási lánc minden szereplőjénél fellelhető problémaként jelentkezett.

Az élelmiszerellátás biztosítása és a termelés, feldolgozás nagyon érzékeny az ilyen jellegű változásokra. A legtöbb mezőgazdasági tevékenység az évszakok és az időjárás viszonyosságaitól is függ, már ezen problémák is rugalmas megoldásokat igényelnek, és azonnali beavatkozásokat amennyihez a pandémia csak súlyosbító tényező volt. Az ellátási-lánc minden szakasza és folyamata nagymértékben kapcsolódik egymáshoz, így bármilyen időbeli vagy kapacitás béli eltérés jelentős elmozdulásokat mutathat a teljesítésben, így a hozam és a teljesítményveszteség garantált. [11]

A pandémia idején legnagyobb problémát a munkaerőhiány, a nyersanyagok beszállítótól való beszerzése, valamint az innen következő feldolgozás és végfelhasználóig való juttatás komplexen jelentette. Fő problémaként mindenképpen a munkaerőhiányt jelölhetjük meg. Ezen felül a szállítási korlátozások jelentették a következő nagyobb problémát, ami elsősorban a friss és a hűtött áruk vonatkozásában jelent meg. A légi és tengeri szállítás nehézségei ugyancsak erős készlethiányokat jelentettek, ez főleg a sok összetevőt alkalmazó termékek előállításában jelentet gondot, ami miatt ugyancsak készletcsökkenések, kapacitáskilengések voltak tapasztalhatóak. [12]

Az alapvető termékek elosztásában is jelentős problémák jelentkeztek. Az élelmiszeripar sokféle terméket alkalmaz: hús, gyümölcs, zöldség, tejtermék, fogyasztásra kész élelmiszerek, egyéb ehető termékek. Alapvető terméknek számít a búza, kukorica, szójabab, gyümölcsök, zöldségek, halak. A városok, tartományok és országok közötti korlátozások mind negatív hatással voltak az alapvető élelmiszerek elosztására is a korábban említett friss és hűtött áruk mellett. [13] Mivel a termékek korlátozottan voltak elérhetőek, így a sok összetevőt tartalmazó termékek gyártása is veszélybe került. Láthatjuk, hogy a rendszer igen komplex és egymástól függő rendszere miatt bármely változás is jelentős gondot okoz az ellátási-láncban, a pandémia alatt pedig több ilyen problémával is szembe kellett néznie a szektornak.

Ezen korlátozások mellett megváltoztak a fogyasztói szokások is. A korlátozások miatt a fogyasztók bizonyos addigi tevékenységeket nem végeztek, étterembe nem jártak, felhalmoztak, megváltozott a fogyasztói kosaruk, több időt töltöttek saját otthonukban. A házhozszállítás és a termékek házhoz szállíttatása jelentősen megugrott, bizonyos termékekre nőtt, bizonyos termékekre csökkent a kereslet. A megnövekedett, előre nem tervezhető fogyasztói kereslet bizonyos terméknél a kínálat csökkentését és szállítási problémákat jelentett. Egyes piacot korlátozták bizonyos árucikkeket a hiányok miatt. [14]

A VILÁGJÁRVÁNY HATÁSAI A FOGYASZTÓI MAGATARTÁSRA

A Covid-19 világjárvány megváltoztatta a fogyasztók élelmiszer-keresletét. A bevezetett korlátozások, mint például az éttermek és szórakoztatóhelyek bezárása, a társadalmi távolságtartás az egyes időszakos bevásárlósávot és korlátozások, az otthoni munkavégzés elrendelése mind egy plusz megváltozott helyzetet idézett elő a már amúgy is problémákkal küszködő élelmiszeriparban található problémákra.

Az éttermek és kiszolgálást biztosító étkezési helyek bezárása hatással volt az étkezési/vásárlási szokásokra és kereslet eltolódást eredményezett a kiskereskedelem felé. Azonban az is elmondható, hogy a fertőzés kockázata miatt a kiskereskedelmi vásárlások is ritkultak, a vásárlási szokások megváltoztak, az élelmiszerüzletek látogatása csökkent, viszont az élelmiszerre fordított összegek nőttek. A fogyasztók inkább otthonukban készítettek el az ételeket, és hosszú eltarthatóságú termékeket kerestek inkább ebben az időszakban. A fogyasztók bizonyos időszakokban tapasztaltak korlátozásokat bizonyos alaptermékekből. A kereslet megnőtt a liszt, szárított és konzervételekre, fagyasztott termékekre, tejre és tejhelyettesítőkre, valamint egy általános raktározás és termékhalmozás is jelen lett a mindennapokban. Ezen hatás is kihatással volt a kínálatra, említettem, hogy bizonyos termékek kereslete megnőtt, míg más termékek kereslete csökkent. A megváltozott fogyasztói szokások és kosarak tovább mélyítették az élelmiszer-ellátás és az élelmiszerellátási lánc problémáit. Az egyes termékek, főleg alapvető élelmiszerek iránt megugrott kereslet és fogyasztói raktározás hatására készlethiányok és korlátozások kerültek bevezetésre, ezen igények kielégítése is nehézségekbe ütközött. [15]

A kiskereskedelmi egységek felé való kereslettorlódás mellett megnövekedett a kereslet a házhozzállítási szolgáltatás iránt. Ami ugyancsak jelentős eltolódást és kihívást jelentett az ilyen tevékenységet folytató cégeknek. A fogyasztók otthonukban való tartózkodásuk miatt, és a bevezetett korlátozó intézkedések miatt az élelmiszereken kívül más termékeket is házhozzállítással, otthonukba rendeltek, így ezen szolgáltatás igénybevétele drasztikusan nőtt ebben az időszakban. Az e-kereskedelem és az online rendelés piaca az elmúlt években növekedést mutatott, melyre a világjárvány érkezése ugyancsak ugrásszerű növekedést produkált. Nemcsak a házhozzállítás, de az élelmiszerezszállítás is komoly problémákkal küzdött, általános sofőrhiány-munkaerőhiány, készlethiányok, csomagolóanyagok hiánya is súlyosbította a helyzetet.

A VILÁGJÁRVÁNY HATÁSAI A GLOBÁLIS ÉLELMISZER-KERESKEDELEMRE

Az élelmiszerszektor rendszerei és szereplői sebezhetővé válnak az olyan váratlan hatásokkal szemben, mint egy világjárvány, így ezen rendszerek instabillá váltak ezen események miatt. A világjárvány jelentős növelő hatással volt a munkaerőhiányra, a készlethiányokra, a szállítási nehézségekre...stb. Az élelmiszerellátási-lánc minden résztvevőjénél okozott eltolódást és problémákat, így komplex nehézségeket okozott, amihez hamar és rugalmasan kellett alkalmazkodnia a szereplőknek. A globális kereskedelem és export-import tevékenységek korlátozása miatt ismét előtérbe került a helyi piacok és régiók szerepe.

A hazai termelés és a helyi piacok fontossága felértékelődött. A világjárvány jelentős hatást gyakorolt az élelmiszer-kereskedelemre, az export és importcikkekre, valamint a fogyasztói szokásokra. A korlátozások és készlethiányok megnövekedett költségeket okoztak, megemelkedtek az alapélelmiszerek árai, a nem helyben termesztett, de feldolgozásra

szükséges élelmiszerek a korlátozások miatt nem álltak rendelkezésre, és így az élelmiszer-gyártással foglalkozó szereplő üzemek kapacitásproblémákkal küzdöttek. A légi és a tengeri rakomány szállítás állapota katasztrofális volt mely többek között élelmiszervesztéssel és pazarlással járt. Elmondható, hogy a globális kereskedelem leállása és akadályai nemcsak az élelmiszerszektorban hanem bármely más termékben és szolgáltatásban is jelentős károkat és fennakadásokat okozott.

AZ ÉLELMISZER-ELLÁTÁSI LÁNC STRATÉGIÁI, JÖVŐKÉPE

A világvárvány is csak megerősítette annak a stratégiának a létjogosultságát, miszerint szükség van helyi gazdaságfejlesztő programokra, támogatni szükséges a helyi és regionális kisgazdaságokat, termelőket támogató programokkal. A lokális termékek felhasználását szélesebb körben ösztönözni szükséges, az élelmiszer-ellátási lánc minden szereplőjének új kapcsolatok és szállítók, új lehetőségek, lehetőleg helyi lehetőségek felkutatása cél lehet. Az élelmiszer-gyártás decentralizálása stratégia tényezővé válhat. A fogyasztók közeli kisméretű létesítmények feloldják a globális kereskedelem miatti problémák egy részét. Jelentős gazdaságnövelő hatást érhet el bizonyos régiókban. A fogyasztókhöz közelebbi termelés és kisebb termelési, előállítási egységek megléte csökkentik a tárolási és szállítási költségeket, rövidíthet az ellátási láncon. A decentralizáció nagyobb rugalmasságot biztosít az ellátási láncban, valamint kevésbé érzékenységet az esetleges hatásokkal szemben. [16]



2. Ábra: A világvárvány alatti értékesítési csatornák hatékonysága [17]

A 2. ábrán is láthatjuk, hogy voltak olyan területek, amelyeknél nagyrészt csökkent a forgalom vagy esetleges bezárás veszélyeztetett, ezek a X-el jelölt tartalmak, azon terület amelyek egy zöld pipával lettek jelölve mutatják, hogy a világvárvány alatt is sikerült működő értékesítési csatornát kialakítani. A vendéglátás és Intézményi étkeztetés a már korábban említett korlátozó intézkedések hatása miatt mutatott csökkenést (iskola és óvoda-bezárások...stb.), a turizmus elmaradása, az éttermek bezárása is több problémát okozott ezen a területen, míg a helyi falusi vagy regionális vendéglátás nyertese lehetett ezen időszaknak. Ezen a kis példán keresztül is látható, hogy egy ilyen gazdasági válsághelyzetben

a helyi és regionális ellátási stratégia működő hálózatot hozhat létre. A helyi és regionális gazdaságok támogatása a jövőre nézve stratégiai jelentőségű.

Fontos stratégiai tényezőként tekinthetünk a logisztikai létesítmények optimális kihasználására, különösen kiemelve a logisztikai járművek kihasználtságát és az üres járatok megszüntetését. A begyűjtési és szállítási kapacitások optimalizálása a hatékonyságot jelentősen növelné. Fontos kérdés továbbá az élelmiszer-biztonság fenntartása és az ellátási lánc tagjainak koordinálása. A fogyasztók felé új kommunikációs és helyi csatornákat célszerű kialakítani. A készletek optimalizálása és a termelések tervezése is új szakaszba lépett a pandémia után. [18]

Kiemelt hangsúlyt kell fektetni a digitalizációra. A digitális kereskedelmi szolgáltatások egyre fontosabb szerepet töltenek be az élelmiszerellátási folyamat egészében. A termelés, gyártás során használt digitális képességek fejlesztése is kulcsfontosságú. Egyes eljárások digitalizációja sok esetben költségsökkentő hatású, valamint az ellenőrzést, tervezést, és a gyorsabb folyamatokat is elidézi. A digitalizáció során kinyert adatokból rengeteg elemzés és eredmény elérhetővé válna, a megfelelő adathoz a megfelelő időben történő hozzáférés fontos az ellátási lánc hatékony működéséhez, az élelmiszer-biztonsághoz és a nyomon követhetőséghez. A megbízható, azonnali információk elérhetősége csökkenti a bizonytalanságot a piacon is. Az élelmiszerellátási szektor minden szereplőjére kiható digitális fejlesztés szükséges. A termékek és szolgáltatások ilyen fajta követése és információ megosztása ugyancsak stratégiai tényező. [19]

Az élelmiszerellátási-láncnak a jövőben még rugalmasabbnak kell lennie, melyre az eddig említett digitalizáció és rövidebb, helyi ellátás biztosítása mellett az élelmiszer-szektor szereplőinek új kapcsolatok kialakítása is szükségessé válik. A globális piacot és a globális ellátási-láncot is újra kell gondolni, felkészülve az ehhez hasonló események bekövetkeztére gondolva. A világválság lecsengése utáni időszakot követő Ukrajnai háborús helyzet is jól mutatja, hogy az élelmiszerellátás és az élelmiszerellátási-láncok még mindig törékenyek, és újabb problémákkal szembesülnek a szereplők. Ezen terület, más kritikus infrastruktúrákkal együtt új stratégiákat kell keresni, hogy a globális ellátás biztosítva legyen. Akár alapvető rendszerek megváltoztatásával, a regionálisabb, helyi gazdaságnövelő és ösztönző hatások elérésével, új kapcsolatok kialakításával, kiemelve továbbá a fokozott rugalmasságot.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Mikkel Hippe Brun, Supplychaindigital, Coronavirus and the antifragile supply chain, [online] Available: <https://supplychaindigital.com/supply-chain-2/coronavirus-and-antifragile-supply-chain>, letöltés ideje: 2021.04.17.
- [2] 2008. évi XLVI. törvény (Élelmiszertörvény)
- [3] Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Brussels, COM(2006)0787 Javaslat A Tanács irányelve az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről, Brüsszel, 2006
- [4] Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, Brussels, 20.10.2004. COM(2004) 702 Final, Critical Infrastructure Protection in the fight against terrorism

- [5] Szalánczi-Orbán, Virág, Ellátási láncok törékenysége és jövője Európában, Szakmai szemle, a Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat tudományos-szakmai folyóirata XIX. évfolyam 4. szám pp. 70-82., 13 p. (2021)
- [6] Nyomonkövetési rendszer a farmtól az asztalig, Laurel [online] <https://laurel.hu/cikk/nyomonkovetesi-rendszer-a-farmtol-az-asztalig-3>, letöltés ideje: 2021.09.21
- [7] 2008. évi XLVI. törvény (Élelmiszer törvény)
- [8] Deloitte, Covid19-has broken the global food supply chain [online] <https://www2.deloitte.com/ch/en/pages/consumer-business/articles/covid19-has-broken-the-global-food-supply-chain.html>, letöltés ideje: 2022.02.03.
- [9] Rizou, M, Galanakis, I M, Aldawoud, T M S, et al. (2020). Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends in Food Science & Technology*, 102: 293–299.
- [10] Bakalis, S, Valdramidis, V P, Argyropoulos, et al. (2020). Perspectives from CO+RE: how COVID-19 changed our food systems and food security paradigms. *Current Research in Food Science*, 3: 166–172.
- [11] BBC, Coronavirus: Five ways the outbreak is hitting global food industry [Online]. <https://www.bbc.com/news/world-52267943>. Accessed on Jul. 6, 2020., letöltés ideje: 2022.03.11.
- [12] Alonso, E, Gregory, J, Field, F, et al. (2007). Material availability and the supply chain: risks, effects, and responses. *Environmental Science and Technology*, 41: 6649–6656.
- [13] O'Brien et al., 2014) (Jeon, 2011; Martin, 2016). Jeon, S. (2011). Mechanisms of labor transition during agricultural transformation: the cases of South Korea and Indonesia. *International Conference on Asia Agriculture and Animal IPCBEE*, 13: 21–26.
- [14] Nicola, M, Alsafi, Z, Sohrabi, C, et al. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): a review. *International Journal of Surgery*, 78: 185–193.
- [15] Bakalis et al., 2020; Shahidi, 2020). Bakalis, S, Valdramidis, V P, Argyropoulos, et al. (2020). Perspectives from CO+RE: how COVID-19 changed our food systems and food security paradigms. *Current Research in Food Science*, 3: 166–192.
- [16] Almena, A., Fryer, P. J., Bakalis, S., et al. (2019a). Centralized and distributed food manufacture: a modeling platform for technological, environmental and economic assessment at different production scales. *Sustainable Production and Consumption*, 19: 181–193.
- [12] Alonso et al., 2007). Alonso, E, Gregory, J, Field, F, et al. (2007). Material availability and the supply chain: risks, effects, and responses. *Environmental Science and Technology*, 41: 6649–6656.
- [17] Kislépték Egyesület, Élelmiszer ellátás a koronavírus (covid-19) okozta megbetegedések miatt kialakuló gazdasági és társadalmi problémák, 2020. március 25, [online], https://kisleptek.hu/hirek/helyi_elelmiszer_koronavirus_idejen/, letöltés ideje: 2022.06.23
- [18] Morganti, E, Gonzalez-Feliu, J, (2015). 'City logistics for perishable products. The case of the Parma's Food Hub'. *Case Studies on Transport Policy*, 3: 120–128.
- [19] Waller, M A, Fawcett, S E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: a revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34: 77–84.

SZENDRŐ Éva Mónika¹**Abstract**

Both the heightened security situation of the last decades and the current wars are bringing the issue of food chain security to the fore. Until the end of the last century, the focus was on traditionally vulnerable elements of the food chain - slaughterhouses, animal medicines, residues of sprays, minimising the chances of microbiological contamination. However, the increasing frequency of food scandals has shown that it is no longer enough to approach the problem in this way, but that food chain safety needs to be approached and managed with much more care and with maximum identification of risk factors. To prevent and address problems, attention must now be given to all elements of the food chain. The food safety events of the last few decades and the new safety challenges of the 21st century have justified the development of additional safety strategies, beyond the traditional food chain surveillance tools, including the assessment of risk factors, the training of professionals and the development of prevention and response strategies.

Keywords

food chain protection, food chain security, higher education, training of professionals

Absztrakt

Az elmúlt évtizedek éleződő biztonságpolitikai helyzete, illetve a napjainkban zajló háborús események egyaránt előtérbe állítják az élelmiszerlánc-biztonságának kérdését. A múlt század végéig az élelmiszerlánc hagyományosan sérülékeny elemeire - vágóhidakra, állatgyógyszer, permetszer maradványok, mikrobiológiai fertőzések esélyének minimalizálására - koncentrált a figyelem. Az egyre gyakoribbá váló élelmiszerbotrányok azonban rámutattak arra, hogy a probléma ekképpen történő megközelítése már nem elég, ennél jóval körültekintőbben és a kockázati tényezők maximális feltárásával kell az élelmiszerlánc- biztonság kérdését megközelíteni és kezelni. A problémák megelőzéséhez és kezeléséhez a figyelemnek már a teljes élelmiszerlánc minden elemére ki kell terjednie. Az elmúlt néhány évtized élelmiszer-biztonsági eseményei, és a XXI. század újabb biztonsági kihívásai tették indokolttá - a hagyományos élelmiszerlánc-felügyeleti eszközökön túl, a további biztonsági stratégiák kidolgozását, melynek elengedhetetlen része a kockázati tényezők felmérése, a szakemberek megfelelő felkészítése és intézkedési-megelőzési stratégiák kialakítása.

Kulcsszavak

élelmiszerlánc-védelem, élelmiszerlánc-biztonság, felsőoktatás, szakember-képzés

¹ szendro.eva@uni-mate.hu | ORCID: 0000-0002-7914-2460 | assistant professor, Institute of Agriculture and Food Economics, Department of Agriculture and Food Business Economics, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences | egyetemi tanársegéd, Agrár- és Élelmiszergazdasági Intézet, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Vállalati Gazdaságtan Tanszék, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

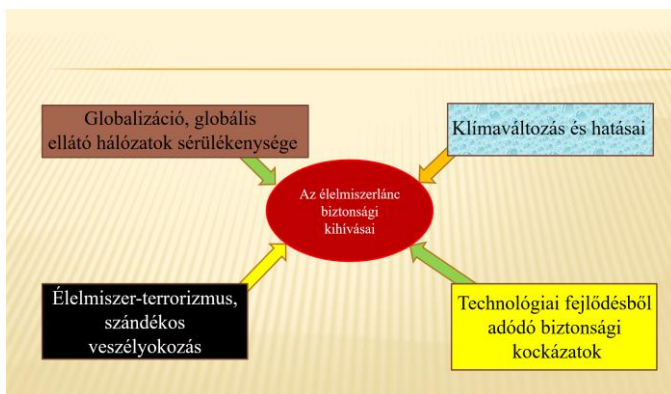
BEVEZETÉS

A Nemzeti Közszerológati Egyetemen, illetve annak jogelőd intézményeiben végzett kutatások sokoldalúan bizonyítják, hogy az ezredforduló új biztonsági kihívásokat hozott. Ezek között kiemelkedő szerepe van a terrorfenyegetettségnek, a globális pénzügyi válság következményeinek, az informatikai rendszerek sérülékenységének, az energiaellátás bizonytalanságának, a globális éghajlat- és környezetváltozás kedvezőtlen hatásainak, a nyersanyag- és természeti erőforrások kimerülésének, a természeti és ipari katasztrófáknak, valamint a szervezett bűnözésnek is. A felsorolt biztonsági fenyegetések egyaránt érinthetik a mezőgazdaságot, az élelmiszeripart és az élelmiszer-kereskedelmet, amelyek hármassága alkotja az élelmiszergazdaságot. Az élelmiszergazdaság kifejezés Magyarországon az 1970-es években terjedt el. A fogalom magába foglalja azt a szemléletmódot és vizsgálati módszertant, amely az élelmiszertermelés kérdéskörét a legszélesebb nemzetgazdasági vertikumba sorolja. E tárgykörbe illeszti a mezőgazdasági és az élelmiszeripari termeléssel, a termelőeszközök előállításával, forgalmazásával és a felvásárló kereskedelemmel foglalkozó szervezeteket is. Az élelmiszergazdaság fogalma az angol szakirodalomban használt „agrobusiness” kifejezésnek [1] felel meg. Az élelmiszergazdaság fogalmi köre a fogyasztóval – mint az élelmiszerlánc végső tényezője - kiegészülve eredményezi a teljes élelmiszerláncot [2]. A komplett lánc tehát a „termőföldtől az asztalig” [2] tart, amely láncolat szándékos esemény folytán, vagy véletlen esemény következtében történő sérülése mellett, hogy a fogyasztó alapvető joga sérül [3] súlyos egészségügyi, biztonságpolitikai és gazdasági problémához vezethet.

Az élelmiszer-előállító rendszerek kiterjedtségük és nyitottságuk révén kézenfekvő célpontot jelenthetnek a különböző jellegű támadásoknak. Ezen túl a kis-, és közép vállalkozásokból álló élelmiszergazdaság rendkívül erősen kitett a pénzügyi válság hatásainak, sok esetben szolgálva a szervezett bűnözés és a pénzmosás céljait is. A korszerű informatikai rendszerekben bekövetkezett meghibásodások révén esetlegesen piacra kerülő veszélyes termékek több évtized márkáépítő munkáját áshatják alá. Tovább nehezíti az élelmiszerlánc biztonság kérdését az is, hogy az elmúlt évtizedekben felerősödtek a globális éghajlat- és klímaváltozás kedvezőtlen hatásai, amely hatások jelentős ellátás-biztonsági kockázatokat is hordoznak [4].

Alaptörvényünkben deklarált jog a testi-lelki egészséghez, az egészséges élelmiszerhez és ivóvízhez való jog [5], melynek biztosítása egyre nagyobb kihívást jelent az élelmiszerlánc szereplői számára. Mindemellert az élelmiszerellátás biztonsága rég volt ennyire kritikus fontosságú, mint napjainkban, amikor az orosz-ukrán háború miatt a globális élelmiszerbiztonság is veszélybe került. A gabonaellátás bizonytalansága 400 millió ember élelmiszerét tette kérdésessé.

Az élelmiszerláncbiztonságot veszélyeztető kihívásokat négy nagy csoportba soroltam, azzal, hogy az egyik csoportba sorolt kihívások is hatással lehetnek – és vannak is – egy-egy másik csoportba sorolt kihívásra, feladatra, problémára.

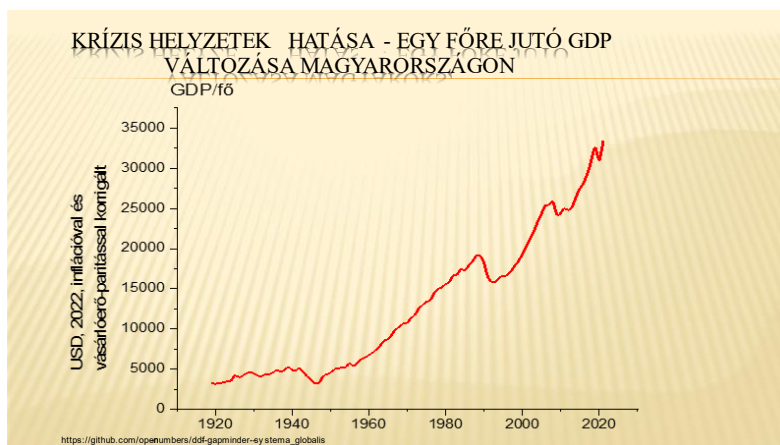


1. Ábra: Az élelmiszerláncbiztonságot veszélyeztető kihívások, saját szerkesztés

Az élelmiszerlánc rendszere a „szántóföldtől az asztalig” négy fő szakaszból áll. Ezek a mezőgazdaság, az élelmiszeripar, az élelmiszerkereskedelem és a fogyasztó, amelyek egymással összekapcsolódó (interaktív), egymástól kölcsönös függésben lévő rendszerek. Ez a komplexitás is oka az élelmiszerlánc sérülékenységének, amelyre való felkészüléssel, proaktív hozzáállással a kockázatok mértéke, illetve a károk is csökkenthetőek [6].

Megvizsgálva a megelőző évtizedeket jellemző hosszútávú idősorokat megállapítható, hogy a krízishelyzetek megjelenése rendszeres. Gyakorlatilag - fél emberöltőként (egy emberöltő 25-35 év) jelentek meg egészségügyi, gazdasági, társadalmi krízisek, amelyek a GDP emelkedésben visszaeséseket eredményeznek. Ezeknek a hatásoknak az elkerülésére az „ütésálló gazdaság” kialakítása adhat megoldást. A változások hatással vannak mind az élelmiszerlánc biztonságára, de azon túlmenően az élelmiszerellátási láncok biztonságos működésére is.

Ezt a periodikusságot Magyarországon az egy főre jutó GDP – inflációval és vásárlóerő paritással korrigált – alakulását jellemző grafikon is jól illusztrálja, mindamelllett az is jól látható, hogy beruházási ciklusok mindvégig jelen vannak a gazdaság fejlődésében.



2. Ábra: Magyarországon az egy főre jutó GDP – inflációval és vásárlóerő paritással korrigált – alakulása, saját szerkesztés

A TÉMA ELMÉLETI BEMUTATÁSA

Az elmúlt évtizedek élesedő biztonságpolitikai helyzete, valamint a napjainkban zajló háborús események egyaránt előtérbe állítják az élelmiszerlánc-biztonságának kérdését. Helyzetéből adódóan ez alapvető jelentőségű, tekintettel arra, hogy az élelmiszerlánc „rendeltetésszerű működése” alapigény a társadalom egészében, ugyanakkor „sokszereplőségéből” és komplexitásából adódóan rendkívül könnyen sebezhető. Az elmúlt 150 évben mindinkább hangsúlyossá válnak azok a nézeteltérések, amelyek még nem a klasszikus értelemben vett háborúk, de már a fegyveres szembenállás sajátos formái. „Közülük kiemelkednek az alacsony intenzitású nézeteltérések, amelyek olyan politikai-katonai érdekellentétet mutatnak államok, illetve különböző társadalmi csoportok között, amikor a konfliktus szintje a háborús szembenállás mértékét még nem éri el, de a békés versengésen túllép” [1]. A XXI. század első évtizedét is számos, ilyen alacsony intenzitású konfliktus jellemzi. Ezek a konfliktusok jellemzően az élelmiszerláncbiztonságra is hatással lehetnek. Mindezen kihívásokra való felkészüléssel kapcsolatos kérdéskört vizsgáltam kutatásom során, mely munkának két aspektusa volt. Egyrészt elvégeztem az élelmiszerlánc összeomlásának operatív logikai kockázat-elemzését, másrészt felmértem, hogy a mai magyar agrár felsőoktatásban oktató szakemberek hogyan vélekednek a rendkívüli helyzetre való reagálásra történő szakember-felkészítés szükségességéről. Jelen tanulmányomban ez utóbbi felmérés eredményeit mutatom be.

KUTATÁSMÓDSZERTAN

Kutatási munkám bázisát szakértői interjúk alapján készített kérdőív szolgálta, amelyben azt vizsgáltam, hogy a magyar – főként agrár- és élelmiszeripari - felsőoktatásban dolgozó oktatók milyen attitűdökkel rendelkeznek a rendkívüli helyzetekre történő felkészüléssel kapcsolatos ismeretek átadására vonatkozóan. Munkám előkészítéseként a szakértői interjúkban választ kerestem arra, hogy milyen tényezők játszhatnak szerepet a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos ismeretek átadásában. Az alap válaszadók kiválasztása hólabda módszerrel, kapcsolati hálóra építve történt, kiemelt figyelmet fordítva az agrár felsőoktatási intézményekben dolgozók témakörrel kapcsolatos véleményének megismerésére és feltárására. A kérdőívek elemzését számítógépes statisztikai módszerek segítségével az SPSS programcsomag alkalmazásával valósítottam meg. A szakértői interjúk alapján összeállított kérdőív kérdéseit a kiértékeléskor két részre osztottam. Egyrészt feltártam a válaszadók vizsgálataim szempontjából releváns szocio-demográfiai jellemzőit, másrészt megvizsgáltam, hogy milyen módon azonosulnak az előzetes interjúk során összegyűjtött 17 állítással. Az állításokat 5 fokozatú Likert-skálán fogalmaztam meg, az alábbi skálaérték jelentésekkel:

- 1. Egyáltalán nem értek egyet a megfogalmazott állítással
- 2. Kis mértékben értek egyet a megfogalmazott állítással
- 3. Részben egyetértek/Részben nem értek egyet az állítással
- 4. Az állítással döntő mértékben egyetértek
- 5. Az állítással teljes mértékben egyetértek

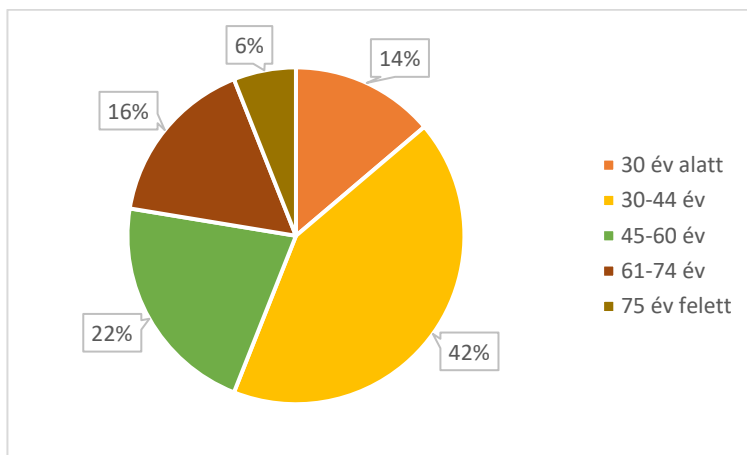
Azért alkalmaztam ezt a skálát, mert ez az alapfokú képzéstől a doktori programig széles körben elterjedt és elfogadott. Munkám során messzemenően figyelembe vettem a Magyar Tudományos Akadémia kutatásetikai alapelveit. A kérdőívet a Google kérdőív szerkesztő moduljának alkalmazásával készítettem és tettem közzé. A kérdőívet minden, az agrár felsőoktatásban dolgozó olyan szakember részére igyekeztem eljuttatni, aki a témakörrel kapcsolatos oktatásban potenciálisan érintett lehet. A 870 kiküldött kérdőívből 230 kitöltött érkezett vissza, ami mintegy 25%-os – kedvezőnek tekinthető - visszaküldési aránynak felel meg. A válaszadók szocio-demográfiai jellemzőinek értékelése jelentős átlomása volt a kitöltött kérdőívek feldolgozásának, mert ez jól illusztrálta, hogy milyen életkor, milyen szakmai háttér és tapasztalat birtokában mondanak véleményt a válaszadók.

Ezt követte a válaszadók oktatással kapcsolatos kérdésekről alkotott véleményének leíró statisztikai vizsgálatokkal történő elemzése.

A kérdőívek elemzését az SPSS programcsomag alkalmazásával végeztem el, melynek során faktor-analízist alkalmaztam, majd az egyes faktorokat rotáltam a varimax módszer szerint. Ezt követően az egyes faktor-értékek alapján cluster analízist végeztem a k-közép módszer segítségével.

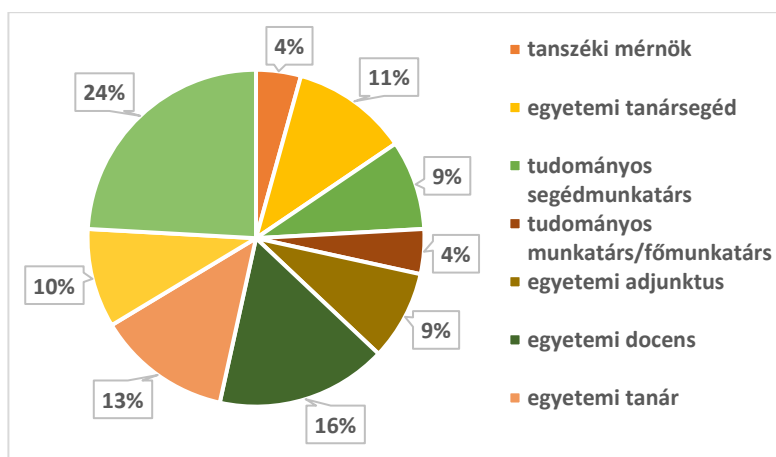
KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A 3. ábra mutatja, hogy milyen szerkezet jellemzi a válaszadókat életkor szempontjából. A válaszadók között jellemző a 30-44 év közötti átlagos életkor, ami azt szemlélteti, hogy a kérdőívet a felsőoktatás derékhadának tekinthető viszonylag fiatal generáció töltötte ki legnagyobb mértékben. Ez a kutatásom szempontjából azért kiemelkedően fontos, mert ez a generáció már a rendszerváltás után szerzett felsőfokú végzettséget, tehát sem nem volt számukra kötelező sorkatonai szolgálat, így nem szereztek közvetlen élményeket a védelmi rendszer működéséről; sem pedig a „Honvédelmi ismeretek” tárgyat nem tanulták kötelező jelleggel a felsőoktatási kurrikulum részeként. Ennek a generációnak fontos sajátossága viszont az, hogy szocializációjuk, illetve a társadalmi folyamatokat megismerő első életszakaszuk jelentős eseménye volt a 2001 szeptember 11-én végrehajtott New York-i terrortámadás, melynek okán ennek a generációnak már a hétköznapi életéhez és tapasztalataihoz tartoznak azok a képsorok, amiket a vezető hírsatornák közvetítenek a világban történő és egyre gyakoribbá váló terrortámadásokról. Ebből a helyzetből adódóan ők talán jobban – ha lehet így fogalmazni – hozzászórtak a terror jelenlétéhez, mint az idősebb generációk.



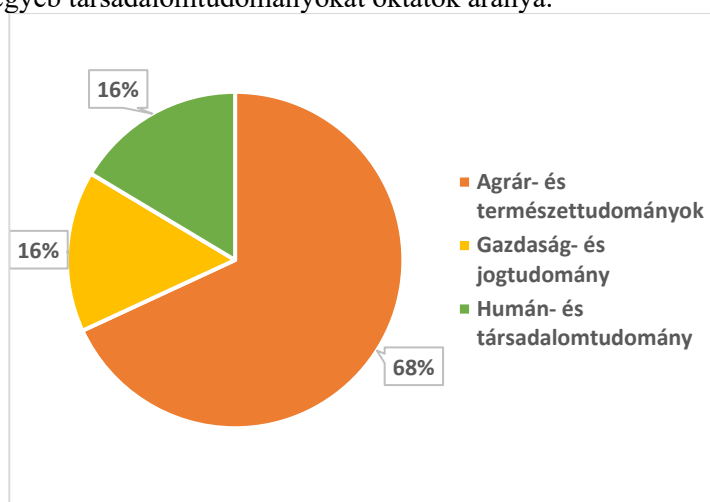
3. Ábra: A válaszadók korcsoport szerinti eloszlása, saját szerkesztés

A kumulatív gyakoriságok alapján a válaszadók több mint háromnegyede 60 év alatti volt, ami rámutat arra, hogy a viszonylag idősebb generáció tagjai is kellő számban képviseltették magukat a mintában. Ez azért is jelentős, mert a felsőoktatási intézmények jelenlegi gyakorlatában a magyar oktatásszervezés rendszerében még általánosnak tekinthető, hogy az oktatás alapvető tartalmi irányainak kialakításában az idősebb generáció tagjai játszanak meghatározó szerepet. Többnyire ez a korosztály, amely a különböző kari, egyetemi és akadémiai, illetve más vezetői tisztségek betöltésével alapvető irányt szab az oktatási és kutatási tevékenységeknek. Ennek megfelelően a mintában történő szerepeltetésük szakmailag indokolt. A 4. ábrán feltüntetett diagramból jól látható, hogy a válaszadók többsége az oktatói közép generációt képviselte, adjunktusok, docensek és egyetemi tanárok voltak közöttük magas számban.



4. Ábra: A válaszadók eloszlása a felsőoktatási munkakörök (besorolás) szerint, saját szerkesztés

A válaszadók tudományterületi besorolásának eloszlását az 5. ábra mutatja. A felmérés eredményei a tudományterületi besorolás azt a sokszínűséget mutatja, ami a mai magyar agrár és élelmiszeripari, műszaki felsőoktatást jellemzi. A válaszadók nagyon nagy többsége a természettudomány területén dolgozik és ide sorolta magát, de jól látható a számokból az is, hogy a gazdasági és jogtudomány területén dolgozók is szép számban képviselték magukat a kérdőív kitöltésében. A humán és társadalomtudományok képviselői alacsonyabb mértékben vettek részt a kitöltésben. A különböző tudományágak képviselői által kitöltött kérdőívek alapján az egyes tudományágak részvétele jól tükrözi azt, hogy az agrár- és élelmiszeripari szakember képzés - jellegéből adódóan - multidiszciplináris tudományterület. A különböző hivatás rendek és a különböző tevékenységi területeken felmerülő problémák megoldásában meglévő arányok reálisan tükrözik a képzés új területeinek megoszlását az egyes diszciplínákon belül. Fontos rögzíteni, hogy a minta nem tekinthető reprezentatívnak az agrár-felsőoktatásban dolgozók szempontjából, mert viszonylag magas a humán-, és egyéb társadalomtudományokat oktatók aránya.



5. Ábra: A válaszadók besorolása az általuk művelt tudományterület alapján, saját szerkesztés

Az egyes állításokkal való egyetértés mértékét az 1. táblázat adatsora jellemzi. Az adatok azt mutatják, hogy a válaszadók egyetértettek abban, hogy a felsőoktatási intézményeknek elsősorban a releváns tudományterületek által elfogadott tudományos igazságokat kell közvetíteni. Ezt mutatja az is, hogy a területen dolgozók törekednek azoknak az alapelveknek a megismerésére és elsajátítására, amelyek a modern felsőoktatást kell, hogy jellemezzék. Fontos annak hangsúlyozása is, hogy az alap-, és általános elvek mellett a specifikumokra vonatkozó ismeretek elsajátítása is elengedhetetlen, hiszen az élelmiszerlánc biztonságának bármely okból történő (pl. bioterror támadás, szándékos, de akár véletlen szennyeződés, mérgezés, kiber támadás) sérülésének elhárításával kapcsolatos védekezésnek olyan sajátos vonásai vannak, amik a nemzeti jogrend egyedi felépítéséből következnek. A felmérésből az a kedvező tény is megállapítható, hogy a válaszadók többsége összességében pozitív véleménnyel van a krízis helyzetekre való felkészítés oktatásáról és támogatólag nyilatkoztak az extrém helyzetek kezeléséhez és a mértékadó magatartási szabályok elsajátítására vonatkozó képzések szükségességéről.

Állítás	Átlag	Szórás
Az egyetemi oktató munka alapvető célja az oktatás és kevésbé a kutatási tevékenység [oktatás]	2.88	1.11
A felsőoktatás fő célja az elméleti ismeretek átadása kell, hogy legyen; a kompetenciák kialakítása és a gyakorlati alkalmazhatóság kevésbé meghatározó [elmélet]	2.08	1.02
A felsőoktatási intézményeknek alapvetően a mindenütt alkalmazható, a releváns tudományterületek által elfogadott tudományos igazságokat kell közvetíteniük [általános ismeret]	3.89	1.10
Van közvetlen tapasztalatom veszélyhelyzetről (pl. árvíz, járvány, tüzeset) [tapasztalat]	2.66	1.61
Rendszeresen figyelemmel kísérem a tágabb társadalmi-politikai eseményeket [aktuális események]	3.80	1.12
Részt vettem már valamilyen, rendkívüli esemény elhárításához kapcsolódó speciális képzésen (pl. elsősegélynyújtás, tűzvédelem, árvízvédelem) [speciális képzés]	3.28	1.59
Valószínűnek tartom az élelmiszerláncot érintő katasztrófavédelmi helyzet kialakulásának bekövetkezését a következő tíz évben [biztonságérzet]	3.08	1.08
A szervezett védekezés segítheti a katasztrófavédelmi helyzet kialakulásának megelőzését [szervezettség]	4.18	0.96
Nagy a valószínűsége annak, hogy az élelmiszerláncot érő sérülés esetén emberéleteket követelő katasztrófavédelmi helyzet alakul ki [veszély]	3.47	1.03
Nincs elég ismeretünk a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos ismeretek oktatására, gyakorlatokra [ismerethiány]	3.82	0.92
Nincs elég forrás az oktatásra, gyakorlatokra [pénzhiány]	4.10	1.05
Nincs elég idő az oktatásra, gyakorlatokra [időhiány]	3.60	1.17
Fontos lenne gyakorlatok tartása akár más tárgykörök rovására vagy plusz óraterhelés keretében [gyakorlat]	3.48	1.13
A felsőoktatásban szükséges az extrém helyzetek kezelésének és a mértékadó magatartási szabályok ismeretének átadása [felkészülés]	3.67	1.06
Részt vennék a szabadidőm terhére oktatási tananyagok és gyakorlatok kidolgozásában [elkötelezettség]	2.83	1.27
Elég ismeretem van az extrém helyzetek kezeléséről és a mértékadó magatartás szabályairól [magabiztosság]	2.41	1.16
Szülőként arra bízthatnám a gyermekemet, hogy vegyen részt az extrém helyzetek kezelése és a mértékadó magatartási szabályokra vonatkozó oktatásban [családi példa]	3.84	1.09

1. Táblázat: Az egyes állításokkal való egyetértés mértéke, saját szerkesztés

Viszonylag kedvező eredményként könyvelhető el az, hogy a válaszadók közül sokan nyilatkoztak úgy, hogy rendszeresen figyelemmel kísérik a tágabb környezet társadalmi, politikai eseményeit. Ahhoz képest azonban, hogy a válaszadók felsőoktatási dolgozók, ez a „csak” viszonylag magas azonosulás a vonatkozó állítással nem tekinthető egyértelműen elfogadhatónak. Elgondolkodtató még a relatíve magas szórás érték is a válaszadók többségét illetően. Különös, hogy a megkérdezettek nem értettek egyet erőteljes mértékben azzal az állítással, hogy az élelmiszerláncot potenciális terror célpontként kellene vagy lehetne kezelni, melyből adódóan a veszélyérzet és a veszély tudatosság is viszonylag alacsony szintet mutatott. Ez azzal magyarázható, hogy nagyon sokan nyilatkoztak úgy – 2019-ben volt a megkérdés –, hogy nincs közvetlen tapasztalatuk veszélyhelyzetről, annak kezeléséről (például árvízről, járványról, tüzesetről). Nyilván ma, amikor több, mint két éve már a pandémia határozza meg és korlátozza a mindennapjainkat, és mintegy egy esztendeje a szomszédunkban háborús események zajlanak, amelyek vitathatatlanul és jól érzékelhetően hatással vannak a gazdasági, társadalmi környezetünkre, várhatóan ezek az álláspontok, attitűdök is megváltoznak. Kutatásom folytatásaként tervezem a jövőben a felmérés megismétlését és a két eredmény egymással történő összehasonlítását.

A kitöltők nagy része egyetértett azzal a véleménnyel, hogy nincs kellő tapasztalat a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos ismeretek oktatásában és az ilyen jellegű gyakorlatok tartásában. Sokan vélekedtek úgy, hogy nem indokolt többlet erőforrásokat mozgósítani az extrém helyzetek kezelésével kapcsolatos oktatásra, számosan csak azzal a véleménnyel azonosultak, hogy külön idő sávokat és erőforrásokat kellene fenntartani az olyan témájú oktatások szervezésére, amelyek a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatosak. Egyértelműen pozitívnak tekintem, hogy a válaszadók jelentős része elutasította az álláspontot, amely szerint csupán az elméleti ismeretek oktatására kellene a felsőoktatásban szorítkozni és ne kellene az elméleti és gyakorlati ismereteket összekötni. Az oktatás és a kutatás egységének erősítését is fontosnak tartották a kitöltők. A többség nem azonosult azzal az állítással, hogy az egyetemi oktatás és az egyetemi oktató munka alapvető célja csak és kizárólag az oktatás és kevésbé a kutatás lenne.

A többi állítással történő azonosulás mértéke négyes alatti értékű volt. Figyelemre méltó, hogy a válaszadók többsége nem tartja valószínűnek, hogy a következő 10 évben az élelmiszerláncot érintő katasztrófa helyzet alakulna ki. Valószínűleg ezzel az alacsony veszélytudattal magyarázható, hogy a válaszadók csak elenyészően kis hányada nyilatkozott úgy, hogy szabad ideje terhére is hajlandó lenne oktatási anyagok kidolgozásában, illetve katasztrófavédelmi gyakorlaton való részvétellel. A viszonylag alacsony szintű veszélyérzet kialakulásának egyik magyarázata az lehet, hogy a válaszadók jelentős része nem jelentkezik helyszíni tapasztalatokkal a veszélyhelyzetekről, illetve a kialakult krízisek kezeléséről. Ugyancsak figyelemre méltó, hogy többségük nem vett részt a rendkívüli esemény elhárításához kapcsolódó speciális képzésen. Ezzel is magyarázható, hogy a válaszadók többsége nem ítélte elégségesnek felkészültségét a rendkívüli helyzetek kezelésére vonatkozó ismeretek köréről. Kedvező azonban, hogy viszonylag magas azoknak az aránya, akik közeli hozzátartozóik – pl. gyermekeik – számára javasolnák, hogy ismerjék meg a speciális helyzetek kezelésével kapcsolatos tennivalókat. Összefoglalva megállapítható, hogy különösen nehezen áttekinthető kép bontakozik ki előttünk a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos magatartási mintákat befolyásoló attitűdökről.

Korrelációs koefficiens kiszámolásával vizsgáltam, hogy milyen kapcsolat van a különböző kérdésekre adott válaszok között az egyes válaszok szempontjából, melynek során megállapítottam, hogy az egyes válaszok közötti korreláció mértéke viszonylag alacsony értéket mutat. A korrelációs koefficiens elemzése alapján az is kirajzolódott, hogy mérsékelte a különböző tényezők között az egyetértés mértéke, ami arra mutat rá, hogy valamennyi a kérdőívben feltett kérdés szakmailag jelentős és indokolt.

A korrelációs koefficiens önmagában még nehezen értelmezhető, ezért vizsgálataim során főkomponens elemzést is végeztem. Mivel az egyes faktorok jól szétválasztható módon nem különülnek el, további vizsgálatokat folytattam, melynek során rotáltam az egyes faktorokat, melynek eredményeként sokkal jobban értelmezhető faktorstruktúrát kaptam. Ennek eredményeként az I. faktorban 3 tényező szerepelt kiemelt faktorsúllyal, melyek mindegyike valamilyen módon kifogást tartalmazott azzal kapcsolatosan, hogy a válaszadó miért nem látja a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos oktatásnak a lehetőségét. A II. faktorban azok az állítások kaptak magas értéket, amelyek azzal kapcsolatosak, hogy a válaszadó vett-e már részt rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos oktatásban, illetve - figyelemre méltó módon - itt volt a legmagasabb a személyes tapasztalatok szerepe is. A III. faktor a veszélyek tudatosulásához kapcsolódott, ebben a faktorban volt a legmagasabb az állítások faktorsúlya. A kérdőívet kitöltők gondolkodásának ambivalenciáját jól mutatja, hogy a IV. faktorban a többtől elkülönülve legmagasabb volt azon két állítás faktorsúlya, melyek a felsőoktatás szerepét hangsúlyozták a rendkívüli helyzetek kezelésében. Az V. faktorban az elméleti tudás-átadás előtérbe állítását szolgáló, a VI. faktorban pedig a mindenütt általánosságban alkalmas tudományos ismeretek átadását nyújtó felsőoktatás ideál típusa jelent meg. A kutatómunkám folytatásaként a kitöltések során kapott válaszok alapján klaszteranalízist végeztem, melynek segítségével meghatároztam a főbb válaszadó csoportokat és jellemzőiket (2. táblázat).

Clusterek azonosító száma	1		2		3		Összesen	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
A clusterbe tartozók részaránya (%)	32		43		25			
Az egyetemi oktató munka alapvető célja az oktatás és kevésbé a kutatási tevékenység	2.71	1.076	2.93	1.087	3.43	1.222	2.88	1.112
A felsőoktatás fő célja az elméleti ismeretek átadása kell, hogy legyen; a kompetenciák kialakítása és a gyakorlati alkalmazhatóság kevésbé meghatározó	1.59	0.702	2.41	0.996	3.07	1.141	2.08	1.023
A felsőoktatási intézményeknek alapvetően a mindenütt alkalmazható, a releváns tudományterületek által elfogadott tudományos igazságokat kell közvetíteniük	4.33	0.735	3.36	1.183	3.71	1.383	3.89	1.102

Clusterek azonosító száma	1		2		3		Összesen	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Van közvetlen tapasztalatom veszélyhelyzetről (pl. árvíz, járvány, tűzeset)	2.34	1.596	3.27	1.59	2	1.109	2.66	1.61
Rendszeresen figyelemmel kísérem a tágabb társadalmi-politikai eseményeket	3.66	1.163	4.07	0.974	3.57	1.342	3.8	1.128
Részt vettem már valamilyen, rendkívüli esemény elhárításához kapcsolódó speciális képzésen (pl. elsősegélynyújtás, tűzvédelem, árvízvédelem)	3.1	1.586	3.95	1.413	1.86	1.027	3.28	1.597
Valószínűnek tartom az élelmiszerláncot érintő katasztrófavédelmi helyzet kialakulásának bekövetkezését a következő tíz évben	2.86	1.131	3.52	0.927	2.57	0.938	3.08	1.089
A szervezett védekezés segítheti a katasztrófavédelmi helyzet kialakulásának megelőzését	4.22	1.027	4.3	0.765	3.64	1.151	4.18	0.965
Nagy a valószínűsége annak, hogy az élelmiszerláncot érő sérülés esetén emberéleteket követelő katasztrófavédelmi helyzet alakul ki	3.41	1.044	3.73	0.924	2.93	1.141	3.47	1.034
Nincs elég ismeretünk a rendkívüli helyzetek kezelésével kapcsolatos ismeretek oktatására, gyakorlatokra	3.88	0.9	3.91	0.936	3.29	0.914	3.82	0.929
Nincs elég forrás az oktatásra, gyakorlatokra	4.05	1.033	4.57	0.587	2.86	1.231	4.1	1.05
Nincs elég idő az oktatásra, gyakorlatokra	3.6	1.184	3.91	1.053	2.64	1.082	3.6	1.179
Fontos lenne gyakorlatok tartása akár más tárgykörök rovására vagy plusz óraterhelés keretében	3.45	1.127	3.77	1.054	2.71	1.139	3.48	1.138
A felsőoktatásban szükséges az extrém helyzetek kezelésének és a mértékadó magatartási szabályok ismeretének átadása	3.95	0.926	3.55	1.066	2.93	1.207	3.67	1.061
Részt vennék a szabadidőm terhére oktatási tananyagok és gyakorlatok kidolgozásában	2.84	1.335	2.95	1.219	2.36	1.151	2.83	1.274

Clusterek azonosító száma	1		2		3		Összesen	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Elég ismeretem van az extrém helyzetek kezeléséről és a mértékadó magatartás szabályairól	2.17	1.094	2.95	1.16	1.71	0.726	2.41	1.165
Szülőként arra biztatnám a gyermekemet, hogy vegyen részt az extrém helyzetek kezelése és a mértékadó magatartási szabályokra vonatkozó oktatásban	3.98	0.982	4.11	0.841	2.43	1.222	3.84	1.092

2. Táblázat: Az egyes clusterek adatsorai, saját szerkesztés

Az egyes clusterek különböző „jellemző” megnevezéseket kaptak. Az első cluster - „Elefántcsont-torony” - 32% - alapvetően az oktatásra, ezen belül is az elméleti alapok átadására összpontosító oktatókból áll, viszonylag kevés figyelmet kap gondolkodásukban a rendkívüli helyzetekre történő felkészülés. Az idősebb, jelentős tudományos eredményekkel rendelkező oktatásban résztvevő szakemberek szerint a felsőoktatás fő feladata: időtálló tudományos ismeretek átadása. A második clusterbe - „Van elég bajunk”- 43% - soroltak leginkább az akadályokat, nehézségeket emelték ki, főként a középkorú generáció képviselői tartoznak ide, míg a harmadik - „Innováció”- 25% - nevű cluster az elméleti összefüggésekre fókuszáló oktatókból áll. A fiatalabb, a tudományos létra alsó fokainál tartó oktató kollégák fontosnak tartották a kérdés felvetését, nyitottak voltak a módszertan és oktatás ilyen irányú fejlesztésére.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Összességében megállapítható, hogy az élelmiszerlánc a kritikus infrastruktúra szerves részét képezi. Kutatásaim során egyértelműen igazolódott az a feltételezésem, hogy az élelmiszerlánc működése nemcsak a szükséglet kielégítés egyik bázisa, hanem jelentős szerepet tölt be a nemzetgazdaság egészének zavartalan működésében, a társadalmi újratermelés, a makrogazdasági folyamatok egészében. Az élelmiszergazdaság fontos sajátossága könnyű sebezhetősége, ami azt jelenti, hogy nyitottságából és komplexitásából adódóan nagyon sok olyan terület van, ahol - akár természeti, akár társadalmi okok miatt- az élelmiszerlánc működésében súlyos hibák, hiányosságok léphetnek fel, melynek következtében sérül(het) a fogyasztó „joga az egészséges élelmiszerhez”, illetve további fogyasztóvédelmi, egészségügyi, kárelkerülési feladatok elvégzése válhat szükségessé.

Munkám tanulsága volt, hogy a tudomány képes hatékonyan szolgálni a védekezést, mert azok a modellek, amelyeket a kutató munka során alkalmaztam, illetve vizsgáltam jól alkalmazhatónak bizonyultak a döntéshozatal gyakorlatában. Ebből következően nagy jelentősége van az ilyen jellegű kutatások tovább fejlesztésének, a kvantitatív megközelítéseknek, illetve a rendszerdinamikai modellezés alkalmazásának.

Kutatásom további eredményeként megállapítottam, hogy szükséges a katasztrófavédelemmel kapcsolatos ismeretátadás egész rendszerének átgondolása és a tudástranszfer hatékony módjának kidolgozása a képzés minden szintjén. Ezen belül kiemelt jelentősége

van a felsőoktatási hallgatók különböző helyzetekre történő korszerű és élmény-alapú felkészítésének is. Célom a kérdőíves felmérés megismétlése és annak vizsgálata, hogy az elmúlt időszakban bekövetkező események - pandémia, háború – hogyan befolyásolják, módosítják a vizsgált kérdésekhez való oktatói attitűdöt.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Z. Lakner, G. Kasza és L. Ózsvári, „A bioterrorizmus története és jelentősége,” *Magyar Állatorvosok Lapja*, pp. 433-441, 2012.
- [2] Á. Panyor, „A magyar élelmiszergazdaság jellemzői és kihívásai a XXI. században,” *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok*, %1. kötet, összesen: %2XII. évfolyam, 3. szám, pp. 107-112, 2017.
- [3] É. Szendrő, „Az élelmiszerlánc, mint kritikus infrastruktúra és védelme, doktori értekezés”, *NKE- KÖZIGAZGATÁS-TUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA*, Budapest, 2022.
- [4] *Az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló, 2008 évi LXVI. törvény.*
- [5] „<https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/kozos-agrarpolitika/103938-az-europai-parlament-megszavazta-allasfoglalasi-a-termofoldtol-az-asztalig-strategiarol>,” NAK, 2021-10-25 16:09:02.
- [6] *A fogyasztóvédelemről szóló 1997. évi CLV. törvény rendelkezik a fogyasztó életének, egészségének és biztonságának védelméről.*, 1997. évi CLV. törvény.
- [7] *Magyarország Alaptörvénye*, 2011.

SZEPESI-BENCSIK Dóra¹**Abstract**

Water is the basis of our existence, not just in a biological sense. The development of mankind and the formation of civilizations have been greatly influenced by water, as in addition to the production of food, it has played and continues to play a major role in transportation and trade. Due to the large-scale development and industrialization, it is becoming increasingly difficult to obtain drinking water of the right quality. Due to urbanization, certain bodies of water enter particularly large amounts of pollutants that are very diverse in terms of their chemical nature. These xenobiotics and their degradation products have adverse effects on aquatic and terrestrial ecosystems and may pose a risk to human health. Through the water cycle, they can enter drinking water bases and from there into the consumer glass, or the food, through food industry, which uses a lot of drinking water. The conservation of drinking water supplies is therefore of paramount importance for the future of humankind.

Keywords

drinking water, health, future, pollution, xenobiotics

Absztrakt

Létezésünk alapja a víz, nem kizárólag biológiai értelemben. Az emberiség fejlődését, a civilizációk kialakulását nagyban befolyásolta a víz, hiszen az élelmiszerek előállítás mellett a szállítmányozásban, kereskedelemben is nagy szerepe volt és van napjainkban is. Pont a nagymértékű fejlődésnek, iparosodásnak köszönhetően egyre nehezebb megfelelő minőségű ivóvízhez jutni. Az urbanizációnak köszönhetően bizonyos víztestekbe különösen nagy mennyiségű, kémiai természetűeket tekintve igen változatos szennyezőanyagok jutnak be. Ezen xenobiotikumok, valamint bomlástermékeik káros hatással vannak a vízi és szárazföldi ökoszisztémákra, valamint az emberi egészséget is veszélyeztethetik. A víz körforgásán keresztül bekerülhetnek az ivóvíz bázisokba, onnan pedig a fogyasztók poharába, vagy az élelmiszeriparon, mely iparág rengeteg ivóvizet használ fel, keresztül a tényérjukra. Kiemelten fontos tehát az emberiség jövőjének szempontjából az ivóvíz készletek megóvása.

Kulcsszavak

ivóvíz, egészség, jövő, szennyezés, xenobiotikumok

¹ bencsikd@mk.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0002-9301-0173 | college associate professor, University of Szeged, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering | főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Élelmiszermérnöki Intézet

BEVEZETÉS

Az emberiség fejlődését kezdetektől meghatározta a víz jelenléte, hiszen létezésünk alapja a víz. Azonban a biológiai igények kielégítése mellett elődeink rájöttek, hogy a víznek számos más tulajdonságát is ki tudják használni. A mezőgazdálkodás, élelmiszertermelés kialakulásának hajnalán öntözni kezdtek vele, majd később a megtermelt javakat szállították a vízi útvonalakon, megindult a kereskedelem. Nem meglepő tehát, hogy az elmúlt korok nagy civilizációi a természetes vízforrások közelében alakultak ki. A víznek napjainkban is meghatározó szerepe van, hiszen az élelmiszertermelés mellett továbbra is a közlekedés, szállítmányozás és kereskedelem fontos színterei a különböző természetes vizek. Ahogy azt láthatjuk az emberiség fejlődése az elmúlt néhány évszázadban, vagy talán inkább évtizedben óriási méreteket öltött. Ezzel párhuzamosan az energia és különböző megtermelt javak iránti is. A nagymértékű iparosodásnak, a helyenként tapasztalható erőteljesen túlfogyasztásnak és a környezetünkbe jutó kemikáliáknak köszönhetően egyre nehezebb megfelelő minőségű, és sok helyen megfelelő mennyiségű ivóvízhez jutni, hiszen a Föld vízkészleteinek csak egy kis része alkalmas potenciálisan emberi fogyasztásra.

A bolygón lévő víz mennyiségét 1,4 milliárd köbkilométerre becsülik, melynek mindösszesen 0,003%-a használható fel ivóvízként, mezőgazdasági és ipari célokra, valamint a higiéniai szükségletek kielégítésére. Amennyiben a népesség a mostani ütemben növekszik tovább, azt prognosztizálják, hogy 2030-ra nem biztos, hogy lesz elegendő víz az emberiség fenntartásához, az élelmiszer igények kielégítéséhez. Ezen iparághoz ugyanis hatalmas számok kapcsolódnak a vízfogyasztás tekintetében is. A FAO (Egyesült Nemzetek Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete) által készített felmérés szerint minden egyes kilogramm gabona előállításához 1000-3000 liter vízre van szükség, míg az egy ember által, naponta átlagosan elfogyasztott élelmiszer előállításához hozzávetőleg 2000-5000 liter víz szükséges [1].

A vízhiány, illetve az ivóvizek nem megfelelő higiéniai állapota a főként a fejlődő országok lakosságát fenyegeti. Sajnálatos módon olyan, főként ivóvízzel terjedő betegségek szedik áldozatainak, mint a kolera és a hastífusz. A 0-5 év közötti korosztályba tartozó gyermekek esetén évente körülbelül 900 millió, hasmenéses tünetekkel járó megbetegedést tulajdonítanak a szennyezett ivóvíz fogyasztásának, és sajnos 1,5- 1,8 millió gyermek halálát okozzák ezek a kórképek [2].

A fejlett országokban egészen más tényezők veszélyeztetik az ivóvizek minőségét. Itt a megfelelő mennyiségű ivóvíz rendelkezésre áll, sőt, ivóvíz pazarlásról is beszélhetünk. A veszélyforrások főként a modern életvitelhez, a nagymértékű iparosodáshoz köthetők. Az ipar egy jelentős szegmense az agrifood szektor, mely magában foglalja az élelmiszer alapanyagok termelését, valamint az élelmiszeripari feldolgozást is. Ezen iparág hatalmas vízigénnyel rendelkezik, hiszen a növényi és állati eredetű alapanyagok megtermeléséhez, majd feldolgozásához is rengeteg víz szükséges. Emellett a legnagyobb szennyezők közé tartoznak, hiszen számos növényvédőszer, műtrágyát, állatgyógyászati készítményt alkalmaznak, az élelmiszeripar pedig rengeteg szennyvizet termel.

A problémakör vizsgálatánál nagyon fontos figyelembe venni azt a tényt, hogy bolygónk, ezen belül a víz körforgása is egy zárt rendszer. Ennek következtében nem juttathatunk ki büntetlenül káros anyagokat a környezetünkbe, hiszen előbb vagy utóbb, de a poharunkba vagy az asztalunkra kerül. A víz körforgása különösen érzékeny rendszer, és

sajnos alkalmas a szennyezések nagy távolságokra, vagy akár nagy mélységekbe való eljuttatására, így egy lokális problémából könnyen akár transzkontinentális, akár globális probléma lehet, ahogy azt már láthatunk több alkalommal és megfigyelhetjük napjainkban is, például a műanyagszennyezés tekintetében.

A téma komplexitását tovább növeli, hogy több tízezer vegyületet használ az emberiség az élet számos területén, így ezek a háztartásokból, a mezőgazdasági tevékenységekben, a nehéz- és könnyűiparból, a közlekedésből és a vegyiparból, beleértve a gyógyszeripart, kikerülhetnek és ki is kerülnek a környezetbe. Ezek az anyagok vagy a levegőből kiülepedve vagy kimosódva, esetleg a talajba bemosódva, vagy a kommunális szennyvízzel elérik a természetes vízforrásokat, amik aztán ivóvízbázisunk alapját is adják.

Előljáróban fontos megjegyezni, hogy ivóvízbázisaink egy része felszíni, míg más része a felszín alatti vízforrásokból áll. Főként a felszíni vízforrások vannak kitéve különféle szennyező ágenseknek, a problémát pedig csak súlyosbítja, hogy ezen vízbázisok maguk is élő rendszerek, tartalmaznak oldott anyagokat, valamint oldott szerves anyagot (DOM- *dissolved organic matter*), melynek nagy szerepe lesz az ivóvíz minőségét illetően.

VÍZTISZTÍTÁSI MELLÉKTERMÉK VEGYÜLETEK

Ahogy a bevezetésben már szóba került, a fejlődő országokban még napjainkban is hatalmas problémát jelent a kórokozókkal kontaminálódott ivóvíz. A fejlett országokban ez nem jelent gondot, hiszen modern (?) és hatékony víztisztítási, vízfertőtlenítési rendszereket alkalmazunk. Ezen technológiák kétségtelen előnye a mikrobák elpusztítása, ám a felhasznált, többnyire erősen reaktív fertőtlenítő szerek (klór, klór-dioxid, UV, ózon) reakcióba léphetnek a nyers vizekben található szerves anyagokkal. Ezen reakció termékeket nevezi a szakirodalom víztisztítási, vagy vízfertőtlenítési melléktermék vegyületeknek (DBP- *disinfection by-product*). 1974-es felfedezésük [3] óta több, mint 600 anyagról derült ki, hogy a vízkezelés során keletkezik [4]. Ezen anyagok veszélye nem az akut, inkább a krónikus problémákban rejlik, hiszen igen kis mennyiségben található meg az ivóvízben, ám csapvízként, vagy ételünk összetevőjeként napi rendszerességgel visszük be azokat a szervezetünkbe, de akár zuhanyzás közben, apró cseppek formájában közvetlenül a tüdőbe kerülhetnek [5]. Ezen anyagok kialakulásában a DOM mellett szerves szennyezők, mint a jodid és bromid ionok is szerepet játszhatnak. Ezek a felfedezések nagy visszhangot váltottak ki a tudományok közéletben.

Mivel azonban számos vegyület tartozik a DBP-k csoportjába, melyeknek napjainkig csak egy része került górcső alá a toxikológiai vonatkozások tekintetében, így lehetetlen minden anyagra egészségügyi határértéket meghatározni. Más vegyületcsoportokhoz hasonlóan a DBP-k esetében is jelző vegyületeket határoztak meg és az egyes nemzetek és közösségek (USA, EU, WHO) a vízminőségi követelmények részévé tették ezen vegyületek mennyiségének alacsony szinten tartását. A szabályozás alá nem eső DBP-k közül számos anyagot vontak már be *in silico* hatásmechanizmus elemzésbe, mellyel nagy biztonsággal következtethetünk egy anyag potenciális káros hatásaira, hatásmechanizmusára. Ezen vegyületek között szerepelnek jódos savak, jodo-trihalometánok, halopirrolok, halokinonok, bromo-nitrometánok, haloaldehidek és más csoportok is [6].

Az emberiség napjainkban rengeteg gyógyszer hatóanyagot használ, melyek kikerülnek a természetes vizeinkbe a kommunális szennyvizekkel. Ilyenek például a hormonális fogamzásgátlók, csonttritkulás elleni szerek, valamint mennyiségülete tekintve a legtöbbet

alkalmazott fájdalomcsillapító, gyulladáscsökkentő szerek és antibiotikumok, melyek szintén képesek reakcióba lépni a fertőtlenítésre használt klór vegyületekkel [7] [8].

A DBP-eket, különös tekintettel a klórozás hatására kialakultakat, összefüggésbe hozzák daganatos megbetegedésekkel, ám az epidemiológiai kutatások eredményei eddig a húgyhólyagrak esetében tekinthetők kellően alátámasztottnak [9]. Számos, szabályozás alá eső, tehát egészségügyi határértékkel rendelkező THM vegyületről bebizonyították már, hogy laboratóriumi állatokon végzett kísérletek alapján DNS károsító hatásúak, ennek következtében karcinogén hatásúak lehetnek. Továbbá a bróm-tartalmú vegyületek citotoxikusak [10]. A HAA (haloecetsav) vegyületcsoportba tartozó anyagok közül is számos mutatagénnek és citotoxikusnak bizonyult, ezen vegyületek esetén a brómozott származékok toxikusabbak a klórozott származékoknál [11].

MIKROMŰANYAGOK

A mikroműanyagok a makroműanyagok aprózódásából alakulhatnak ki, egyes kozmetikumok, például szemcsés kozmetikai termékek (bőrradírok, tusfürdők, fogkrémek, kéz-tisztító szerek) összetevőjeként, de akár poliészter és egyéb szintetikus anyagból készült ruhák mosása és szárítása során is kikerülhetnek a környezetbe. A mikroműanyag részecskék képesek fizikai károsodásokat okozni (a béltraktus és az emésztőrendszer károsodása), illetve kémiai veszélyforrásként is tekinthetünk rájuk. Egyrészt a műanyag részecskékből kioldódhatnak olyan vegyületek (ftalátok, poliklórozott bifenilek (PCB)), melyek közvetlen egészségkárosító hatást fejthetnek ki, másrészt a részecskékhez kötődhetnek szennyező anyagok is. Ezek közül kimutatták poliklórozott bifenilek (PCB), továbbá policiklusos aromás szénhidrogének (PAH), és dikolo-difenil-trikoloetán (DDT) jelenlétét is [12].

A 2000-es évek elején a tudományos közlemények döntően a mikroműanyagok környezeti hatásaival foglalkoztak [13] [14] [15], viszont az utóbbi 10 évben a kutatók egyre nagyobb figyelmet szentelnek a mikroműanyagok humán egészségügyi vonatkozásainak. A PE (polietilén) és PP (polipropilén) részecskéket tartalmazó arcápolási és tisztálkodószerek hosszútávú alkalmazása bőrkárosodáshoz vezet [16], az emésztőrendszeren keresztül a szervezetbe került részecskék kromoszómakárosodáshoz vezethetnek, melyek növelik a rák, az elhízás a meddőség kockázatát [17]. A részecskékről leoldódó, illetve kioldódó, ösztrogén-szerű hatást kifejtő anyagok pedig növelik az emlőrák és egyéb, ösztrogénhez köthető megbetegedések kockázatát.

Hiányoznak a szabványosított mintavételi és elemzési módszerek, így még ha a vizsgálatok száma növekszik is, a mikroműanyagok eloszlását ezen eredmények alapján nagyon nehéz világszinten értékelni. A különböző kutatócsoportok eltérő megközelítéseket és eljárásokat alkalmaznak mind a mintavételezés, mind pedig az analitikai vizsgálatok tekintetében, így az eredmények gyakran nehezen összehasonlíthatóak. További kérdéseket vet fel a mikroműanyagok szerkezeten belüli viselkedése, valamint a nanométeres méret-tartományba tartozó műanyagok témaköre, hiszen ezek hatásáról rendkívül keveset tudunk, ám fizikai paramétereik képessé teszik azokat a szervezetbe való akadálytalan bejutásra és akár felhalmozódásra is.

A kutatások jelentős része a tengerekben jelenlévő mikroműanyagokra fókuszál, ám az édesvizekben is bizonyítható a jelenlétük, így az élelmiszer előállítás (öntözés, halgazdálkodás), vagy akár az ivóvízen keresztül is bekerülhetnek a táplálékláncba. Hazai

vizekben, természetes vízfolyásokban és halastavakban, valamint azok üledékében is vizsgálták már a mikroműanyag részecskék jelenlétét. Az elemzett 13 vízmintából 12, míg 12 üledékmintából 9 mikroműanyaggal szennyezett volt. A mintákban polietilén (PE), polipropilén (PP), polisztirén (PS), politetrafluoroetilén (PTFE), poliakrilát (PA) és poliészter (PES) polimereket mutattak ki [18].

A HAZAI IVÓVIZEK HELYZETE

Hazánkban többféle nyersvíz bázis érhető el. A választott vízkezelési technológia mindig az adott vízbázisból nyerhető nyersvíz minőségéhez igazodik.

A lakossági vízellátás alapjául főként a rétegvizek szolgálnak, az ivóvíz ellátás több, mint 40%-át adják. A felszín felől érkező szennyezéseknek kevésbé vannak kitéve, ám a felszín közeli rétegekre olykor jellemző a nitrát tartalom és a bakteriális szennyezettség is. Általában nagyobb mennyiségben tartalmaznak oldott sókat, valamint gyakran található bennük fölösleges szén-dioxid és metán.

A karsztvizek vízkészleteink közül a legjobb minőségűek között vannak, kevés szerves anyag, vas és mangán található bennük, az ivóvíz ellátás kb. 20%-át adják. Vízellátási szempontból fontos karsztvíz lelőhelyek vannak a bükki karszt és Aggtelek környékén, valamint az észak-balatoni régióban.

Külön kategóriát alkotnak a parti szűrésű vizek, hiszen eredetüket tekintve felszíni vizek, melyek több tíz méter vastagságú mederanyagon (homokos kavics, kavics) szivárognak át, így a természetes szűrés által javul a minőségük. Ezen vizek minőségét jelentősen befolyásolja a felszíni víz minősége, a parti talajréteg (mederanyag) szűrőhatása és az esetleg hozzákeveredő talajvíz minősége, ami szoros összefüggésben van az antropogén hatásra bekövetkező környezetterheléssel. A Dráva mentén, valamint a Duna kavicsteraszaiban, jellemzően a Szigetköz és Budapest környékén rendelkezik hazánk ilyen vizekkel. A vízigények kielégítéséhez 30%-ban járulnak hozzá ezek a források.

A nyersvíz kezelési technológia mindig az adott vízforráshoz igazodik. Míg a karsztvizek, illetve a rétegvizek döntő többségének esetében minimális oldott szervesanyag-mennyiségről beszélünk, addig a parti szűrésű vizek esetében többnyire komoly kihívást jelent a vízszolgáltatóknak a megfelelő minőségű ivóvíz előállítása, nem csupán a magasabb oldott szervesanyag tartalom, de a potenciális antropogén eredetű szennyezések miatt is. Példaként Budapest ivóvíz ellátását említeném. A Fővárosi Vízművek két fő vízbázisa az északi és a déli vízbázis. Az északi a Duna közvetlenül Budapest fölötti szakaszán található. A vízbázis az budapesti ivóvízellátás kb. 70%-át adja. Vize ivóvíz minőségű, fertőtlenítés után közvetlenül fogyasztható, egyéb szűrési eljárásokra nincs szükség. A déli vízbázis esetén egészen más a helyzet. Ide a Duna Budapest alatti szakaszán a Csepel-sziget, Ráckeve és Szigetszentmiklós között elhelyezkedő területek tartoznak, melyek főváros és az agglomeráció vízellátásának 30%-át adják. Míg az északi területeken alacsonyabb a népesség és a kutak védett területeken helyezkednek el, addig a Budapest alatti szakaszon jelentősnek mondható a szennyvíz terhelés, ezáltal az innen származó nyersvizek komplexebb kezelést igényelnek a fogyasztók egészségének védelmében. Ezen vizek kezelésében nagy szerepe van a derítő eljárásoknak, mellyel nem csupán a vas és mangán ionokat, de a huminanyagokat is el lehet távolítani a rendszerből. A másik fontos lépés az aktív szenes szűrés, mellyel további íz- és illatrontó anyagok és mikroszennyezők távolíthatóak el [19] [20]. A DBP-k tekintetében tehát a legjobb minőségű, a fogyasztók számára legbiztonságosabb ivóvíz az

alacsony szervesanyag tartalmú karsztvizekből, illetve rétegvizekből állítható elő. Különösen azokon a területeken, a népesség alacsony és kisebb mértékű az antropogén szennyezés.

Hazánk bizonyos területein az arzén gyakori vízszennyezőként fordul elő. A szervezetlen arzén vegyületeket a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC – *International Agency for Research on Cancer*) 1. csoportú humán karcinogénnek minősítette, hiszen bizonyított bőr, hólyag-, tüdő- és vesedaganatot idéznek elő. Ezekon kívül veszélyük leginkább a kis mennyiségű, krónikus bevitelben rejlik, hiszen összefüggésbe hozzák szív- és érrendszeri megbetegedések, idegrendszeri rendellenességek, máj és vese rendellenességek, de még a diabétesz kialakulásával is. A nemzetközi szakirodalomban megtalálható adatok alapján elmondható, hogy még napjainkban is igen nagy a bizonytalanság azzal kapcsolatban, hogy mi is lehet az a biztonságos beviteli szint, amely a minimálisra csökkenti az arzén bevitellel kapcsolatos megbetegedések kialakulásának kockázatát. Más, alacsony koncentrációban a szervezetbe jutó, akut tüneteket nem okozó xenobiotikumokhoz hasonlóan az arzén krónikus fogyasztása jelenthet nagy problémát. A krónikus fogyasztás elkerülése pedig kvázi elkerülhetetlen, hiszen mind az élelmiszerekkel, mind pedig az ivóvízzel bejuthat az emberi szervezetbe, ott évek vagy akár évtizedek alatt kifejtve káros hatását [21].

Korábban az ivóvizek arzén szennyezettségét a permetszerek helytelen kezelésének tulajdonították az Alföldön, majd később kiderült, hogy a Körös-, Maros-, Tisza-hordalékúpokból kitermelhető felszín alatti vizek, melyek ezen területek fő ivóvíz bázisaként szolgálnak, természetes módon tartalmaznak nagyobb mennyiségben arzént. Hazánkban az 1980-as évek elején közel 400 000 ember fogyasztott magas arzéntartalmú ivóvizet, az akkoriban hatályban lévő határérték (50 µg/l) szerint. A nemzetközi kutatások alapján azonban a WHO ajánlását megfogadva az Európai Unió ezt a határértéket ötödére csökkentette, így a korábbi erőfeszítések ellenére rengeteg embert érintett a probléma. Az ivóvíz szolgáltatók speciális szűrési eljárásokkal tudják csak biztosítani a megfelelő minőségű, határértékeken belüli ivóvizet a lakosságnak [22] [23].

A szervezetebe kerülő arzén mennyiségért nem kizárólag az ivóvíz felelős, az élelmiszerekkel is jelentékeny mennyiség bejuthat a szervezetbe. A WHO az átlagos népességben a naponta bejutó arzént 20 és 300 µg közé teszi. A nagy ingadozás annak tudható be, hogy a népesség táplálkozása igen változatos. Az EFSA (*European Food Safety Authority* – Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság), 19 európai országban történt felmérés alapján megállapította, hogy a napi, víz eredetű szervezetlen arzén bevitel 0,13-0,56 µg/ttkg között van, és a nagy különbségek igazából a táplálkozásból adódnak összbevitel tekintetében. Adatbázisuk szerint a gabonafélék, a kávé és a sör, a halak és zöldségek, valamint a rizs és rizsből készült termékek teszik ki az európai népesség napi arzén bevitelének nagyobb hányadát [24].

A hazai ivóvizeknek meg kell felelni a jelenleg hatályos 201/2001. Kormányrendeletnek [25], valamint a 98/83/EK rendeletnek [26]. Az ivóvíz szolgáltatók ezt folyamatosan ellenőrzik, hiszen a fogyasztók védelme a legfontosabb szempont. A hazánkban elérhető ivóvizek megfelelnek a törvényi előírásoknak, megfelelő minőségűnek tekinthetők.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az emberiség megállíthatatlannak tűnő módon fejlődik. Ezen fejlődésnek sajnos velejárója lett, hogy sokszor a megfeledkezünk arról, hogy az ember, az emberiség a Föld

csodálatosan bonyolult rendszerének a része. Hajlamosak vagyunk elfelejteni, hogy tetteinknek súlya és nagyon komoly következménye van, mely kihatással van az emberek életére, egészségére. Az ivóvízzel kapcsolatos problémák a bolygó különböző pontjain nagyon eltérőek. Míg a fejlődő országokban hatalmas gondot okoz a lakosság megfelelő mennyiségű, és legalább mikrobiológiailag megfelelő vízzel való ellátása, megóvásuk a vízzel terjedő betegségektől. A fejlett országokban a megfelelő mennyiségű ivóvíz rendelkezésre áll, sokszor még ivóvíz pazarlásról is beszélhetünk. Ezekben a területeken a jellemző problémát az iparosodás és urbanizáció következtében a környezetbe jutó szennyező anyagok jelentik. Ezen ágensek egy jelentős része előbb vagy utóbb, bekerül a víz globális körforgásába, végső soron pedig a táplálékláncokba, melyeknek része maga a kibocsájtó, az ember is. Mivel ezen táplálékláncok csúcán helyezkedünk el, ezért még nagyobb veszélynek vagyunk kitéve, hiszen a felhalmozódásra képes anyagok jelentős veszélyt jelenthetnek egészségünkre.

Az ivóvíz olyan, napi fogyasztási cikk, melyet a háztartási felhasználáson kívül természetesen az élelmiszeripar is nagy mennyiségben használ, akár technológiai vízként, akár az egyes élelmiszerek összetevőjeként, ezért reális élelmiszer-biztonsági, élelmiszertoxikológiai kockázatot jelenthetnek a benne megtalálható, potenciálisan káros anyagok.

Jelen kéziratban részletesebb bemutatásra kerültek azok a témakörök, melyek napjaink egyre súlyosbodó ivóvízbiztonsági problémáit okozzák. A víztisztítási melléktermék vegyületek, melyek kémiai természetüket tekintve igen változatosak, főként a fejlett országokat érintik. Kutatásukkal nem túl régen, az 1970-es évek közepe óta foglalkozik a tudomány, ám néhány évtized alatt is csak az ide sorolt vegyületek töredékének toxikológiai profilját sikerült megalkotni. A probléma komplexitását főként a környezetbe kikerülő szennyező anyagok (ipari melléktermékek, gyógyszer hatóanyagok, növényvédőszer, állatgyógyászati készítmények, kőolaj- származékok, stb.) adják, ám a tudomány mai állása szerint óriási szerepe van a DBP-k kialakulásában a nyersvizek oldott szervesanyag tartalmának. A vegyületek sokfélesége és nagy száma miatt szabályozás alá csak töredékük esik, ezek a csoportok is leginkább jellemző, indikátor vegyületeken keresztül. A szabályozás alá nem eső csoportok azonban számos veszélyt rejthetnek.

Hasonlóan jelentős a mikroműanyagok problémaköre. A modernizáció, a kémia, azon belül is a petrolkémia robbanásszerű fejlődése magával hozta a műanyagok elterjedését. A műanyagipar kialakulásának hajnalán még nem foglalkoztatta az embereket az, hogy később mi lesz a sorsa az előállított műanyagoknak. Az idők során, a környezetben megtalálható többi szilárd anyaghoz hasonlóan ezek is elkezdtek aprózódni és alakultak át mikroműanyaggá. A helyzet, ha csak a világtengerekben úszó szemét szigetekre gondolunk, napról napra súlyosabb. Korábban azt feltételezték, hogy a mikroműanyagok problémaköre kizárólag a tengeri ökoszisztémákat érinti, ám egyre több tanulmány alapján nyer tanúbizonyságot, hogy ezek a részecskék az édesvízi ökoszisztémákban, sőt, az élelmiszerláncban is megtalálhatók. Nem meglepő tehát, hogy egyrészt a jogalkotók is próbálják arra sarkallni az ipar szereplőit, illetve a fogyasztókat is, hogy kevesebb műanyagot használjanak, illetve a felhasznált műanyagokat újrahasznosítsák.

Hazánkban, más, fejlett országokhoz hasonlóan jelen vannak a fent említett problémák. Geológiai és vízrajzi sajátosságaink nagyban befolyásolják ivóvizeink minőségét. Ha nyersvíz forrásokat nézzük, igen nagy változatosságot mutatnak. A lakosság vízellátásában a felszíni vizekkel közvetlen kapcsolatban álló, parti szűrésű kutak, valamint a felszín alatti,

ártézi vizek játsszák a főszerepet. Előbbiek esetén a DBP-k kialakulása illetve egyéb, antropogén eredetű szennyezések jelenthetnek egészségügyi kockázatot, míg utóbbiak esetében a sajátos geológiai adottságokból származó szennyezések, például az arzén. Hazai kutatók eredményei szerint a mikroműanyag problémára is egyre nagyobb figyelmet kell fordítani, hiszen már természetes vizeinkben, illetve azok üledékében is megtalálhatók ezek a részecskék, tehát jelen lehetnek a táplálékláncokban.

Természetesen a szakhatóságok figyelembe véve az Európai Unió szabályozását és irányelveit, valamint a nemzetközi ajánlásokat, arra törekcszenek, hogy a hazai fogyasztók megfelelő minőségű ivóvízhez jussanak, minimalizálva ezzel az egészségügyi és élelmszer-biztonsági kockázatokat.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] FAO: Water for sustainable food and agriculture, *A report produced for the G20 presidency of Germany*, Róma, Olaszország, 2017
- [2] N.J. Ashbolt: Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, 198: 229238, 2004
- [3] J.J. Rook Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treatment Exam*, 23: 234243., 1974
- [4] S.D. Richardson, C. Postigo: Drinking water disinfection by-products, In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer, Boston, MA, pp. 93137., 2011
- [5] V. Uddameri, K. Venkataraman: Assessing the effect of initial vapor-phase concentrations on inhalation risks of disinfection-by-products (DBP) in multi-use shower facilities. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(4):591606., 2013
- [6] Y.T. Woo., D. Lai, J.L. McLain., M.K. Manibusan., V. Dellarco: Use of mechanism-based structure-activity relationships analysis in carcinogenic potential ranking for drinking water disinfection by-products. *Environmental Health Perspectives*, 110(suppl 1):7587., 2002
- [7] P. Wang, Y.L. He., C.H. Huang: Reactions of tetracycline antibiotics with chlorine dioxide and free chlorine. *Water Research*, 45:1838–1846., 2011
- [8] M.C. Dodd, A.D. Shah, U. Von Gunten, C.H. Huang: Interactions of fluoroquinolone antibacterial agents with aqueous chlorine: reaction kinetics, mechanisms, and transformation pathways. *Environmental Science & Technology*, 39:7065–7076., 2005
- [9] S.E. Hrudey: Chlorination disinfection by-products, public health risk tradeoffs and me. *Water Research*, 43: 2057–2092., 2009
- [10] S. Landi, N.M. Hanley, S.H. Warren, R.A. Pegram, D.M. DeMarini: Induction of genetic damage in human lymphocytes and mutations in Salmonella by trihalomethanes: role of red blood cells and GSTT1-1 polymorphism. *Mutagenesis*, 14: 479-482., 1999
- [11] S.D. Richardson, M.J. Plewa, E.D. Wagner, R. Schoeny, D.M. DeMarini: Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 636(1-3):178–242., 2007
- [12] L.V. Cauwenberghe, L. Devriese, F. Galgani, J. Robbins, C.R. Janssen: Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Mar Environ Res* 111:5–17, 2005
- [13] K.L. Ng, J.P. Obbard: Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7):761-7., 2006

- [14] MA. Browne, T. Galloway, R. Thompson R.: Microplastic—an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated Environmental Assessment and Management: An International Journal*, 3(4):559-61., 2007
- [15] C. Sofra, B. Calarke, GD. Calarke: Microplastics in the Marine Environment: Investigating Possible Sources, Presence and Abundance. InPoster presented at Student Research Meeting 2010 Sep (Vol. 21).
- [16] C. Lassen, SF. Hansen, K. Magnusson, F. Noren, NIB. Hartmann, PR. Jensen, TG. Nielsen, A. Brinch: Microplastics: occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. The Danish Environmental Protection Agency. <http://www.eng.mst.dk/>, 2015
- [17] GESAMP: Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: Kershaw PJ (ed) (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud GESAMP No. 90, pp 96, 2015
- [18] G. Bordós, B. Urbányi, A. Micsinai, B. Kriszt, Z. Palotai, I. Szabó, Z. Hantosi, S. Szoboszlai: Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere*. 216:110-6., 2019
- [19] RM. Clark, JQ. Adams, BW. Lykins Jr: DBP control in drinking water: cost and performance. *Journal of Environmental Engineering*. 120(4):759-82., 1994
- [20] Y. Magara, S. Kunikane, M. Itoh: Advanced membrane technology for application to water treatment. *Water science and Technology*, 37(10):91., 2008
- [21] International Agency for Research on Cancer (IARC) - Summaries & Evaluations; ARSENIC IN DRINKING-WATER (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol84/84-01-arsenic.html>)
- [22] Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed. incorporating the first and second addenda Vol. 1. World Health Organization, 2008., Geneva (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html)
- [23] Arsenic (WHO Food Additives Series24) - <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je08.htm>
- [24] EFSA: Scientific Opinion on Arsenic in Food, *EFSA Journal*, 7(10):1351, 2009
- [25] 201/2001 X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- [26] 98/83/EK: A TANÁCS 98/83/EK IRÁNYELVE (1998. november 3.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről

Follow, like, post, publish! | Kövess, lájkolj, posztolj, publikálj!



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>



<https://www.linkedin.com/company/safety-and-security-sciences-review>



<https://www.facebook.com/biztonsagtudomanyi.szemle>